المملكــة العربيــة الســعودية

المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

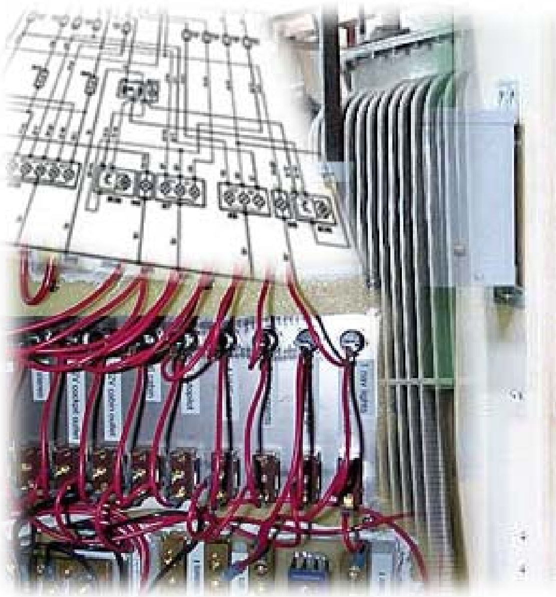
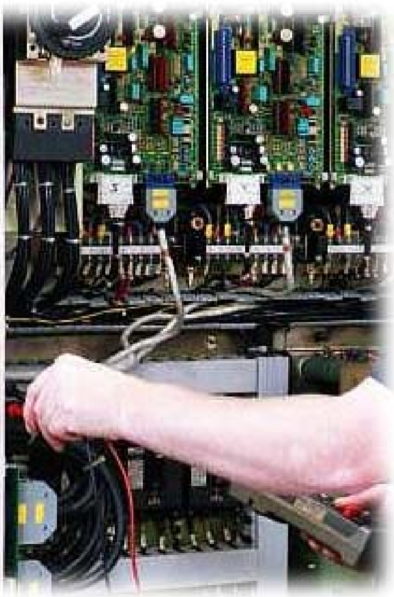
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

قررت المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني تدريس هذه الحقيبة في " المعاهد الثانوية الفنية "

الكهرباء

مبادئ التيار المتردد

الصف الثاني

نسخة أولية ١٤٢٥هـ

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

مقدمة

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " مبائ التيار المتردد " لمتدربي قسم" الكهرباء " للمعاهد الفنية الصناعية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه: إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

المملكـة العربيـة السـعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

مبادئ التيار المتردد

الكهرومغناطيسية

الكهرومغناطيسية

١

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة : معرفة المواضيع التالية :

- المفاهيم الأساسية المغناطيسية.
- تعريف المجال المغناطيسي وخطوط المجال المغناطيسي .
- المجال المغناطيسي للتيار الكهربائي وطرق تحديد اتجاهه.
- المجال المغناطيسي لملف يمر به تيار كهربائي وطريقة تحديد المجال الناشئ.
- الكميات المغناطيسية.
- مسائل حسابية عن الكهرومغناطيسية.

الأهداف :

عندما تكمل هذه الوحدة يكون لدى الطالب القدرة على :

١. أن يعرف المفاهيم الأساسية المغناطيسية.
٢. أن يحدد اتجاه المجال الناشئ حول موصل مستقيم.
٣. أن يعرف قاعدة اليد اليمنى و البريمة لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي .
٤. أن يتمكن من الإلمام بالمجال المغناطيسي للملف.
٥. أن يعرف الكميات المغناطيسية المختلفة.
٦. أن يحسب الكميات المغناطيسية المختلفة.

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل الطالب إلى إتقان الجدارة بنسبة ٨٥٪ .

الوقت المتوقع للتدريب : ١٠ ساعات .

الوسائل المساعدة :

- جهاز العرض العلوي لعرض الصور .
- نماذج .

متطلبات الجدارة :

يجب معرفة ما سبق دراسته في مادة مبادئ التيار المستمر عن هذا الموضوع.

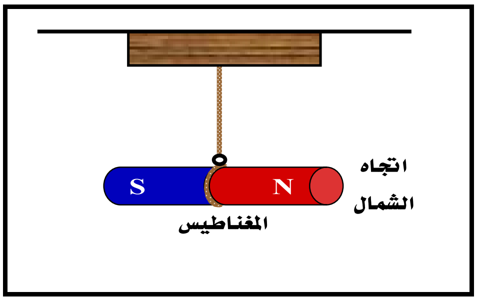
المفاهيم الأساسية المغناطيسية:

لقد عرف الإنسان الأجسام المغناطيسية منذ القدم ولكن لا يُعرف على وجه التحديد من هو أول من اكتشف الخام الذي عرف بالمنجنيت ويحدث هذا الخام تأثيراً ديناميكياً يمكن ملاحظته عند جذبه للمواد الحديدية والنيكل والكوبلت عند تقريبها إليه ولكن لم يكن لهذه المادة الأهمية العلمية في ذلك الوقت وظهرت أهميتها عند اكتشاف ما يسمى بالبوصلة حيث أنه عندما تعلق قطعة من حجر المنجنيت بحيث تكون حرة الحركة فإنها توجه نفسها في اتجاه شمال جنوب الكرة الأرضية مما ساعد الإنسان في معرفة الجهات في أي مكان يكون فيه. وقد تطور هذا الأمر حتى استغنى عن خام المنجنيت بمغناطيسات صناعية من الصلب وسبائكه وكذلك مغناطيسات خزفية يمكن تصنيعها بأشكال متعددة حسب الحاجة.

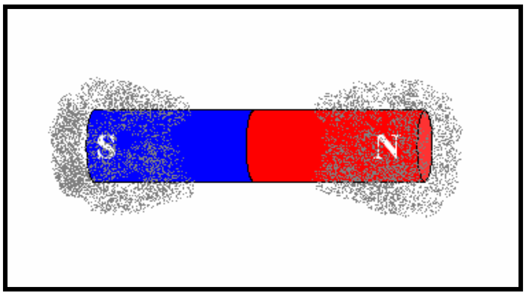
وبعد أن أخذنا نبذة موجزة عن تاريخ المغناطيسية نتطرق إلى بعض المفاهيم المهمة الخاصة بالمغناطيسية وذلك باستخدام قضيب مغناطيسي.

- الأقطاب:

إن نهايتي المغناطيس تدعى بقطبي المغناطيس الأول يدعى القطب الشمالي ويرمز له بـ "N" والقطب الآخر يدعى القطب الجنوبي ويرمز له بـ "S" وإذا تم تعليق القضيب المغناطيسي بسلك رفيع، وترك القضيب حراً، فإن القطب "N" يشير إلى الشمال بينما يشير القطب "S" إلى الجنوب كما في الشكل(١ -١) ، وإذا وضع مغناطيس في وسط برادة الحديد وتم تحريكه فيمكننا رؤية أن قطبي المغناطيس سوف يجذبان إليهما قسماً من البرادة. مما يدل على أن قطبي المغناطيس يملكان مغناطيسية كبيرة بينما الجزء الأوسط من المغناطيس يجذب إليه برادة الحديد بشكل ضعيف جداً حيث إنها تكتسب مغناطيسية ضعيفة وندعوها بالمنطقة الحيادية من المغناطيس كما في الشكل(١ -٢).



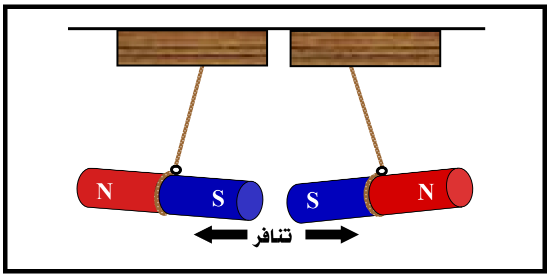
شكل ١ - ١



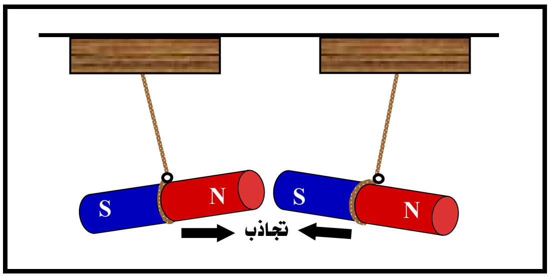
شكل ١ - ٢

- التجاذب والتنافر بين أقطاب المغناطيس:

علق قضيباً مغناطيسياً من منتصفه واتركه يدور حراً حول نفسه، وخذ قضيباً مغناطيسياً آخر واتركه يدنو ويقترب من القضيب المتدلي، فعندما يكون القطبان "N" من كل القضيبين قريبين من بعضهما فإنهما يتدافعان. أما إذا كان القطب "N" من القضيب المتدلي قريب من القطب "S" من القضيب الآخر فإنهما يتجاذبان وهذه التجربة تبرهن لنا أن الأقطاب المتشابهة تتنافر والأقطاب المختلفة تتجاذب كما في الشكلين (١ -٣) (١ -٤).



شكل ١ - ٤



شكل ١ - ٣

- الحث المغناطيسي:

من خلال التجربة التالية يتبين لنا معنى الحث المغناطيسي

التجربة:

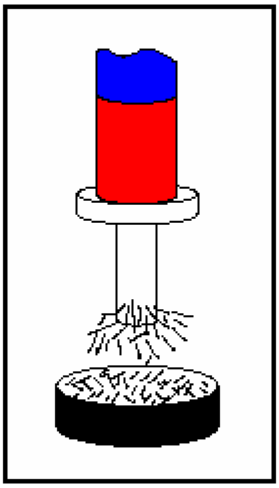
مكوناتها: قضيب مغناطيسي – مسمار من الحديد المطاوع – وعاء به مجموعة دبابيس.

عمل التجربة :

١. يتم تقريب المسمار من القضيب المغناطيسي حتى يجذبه إليه.
٢. يوضع المسمار المنجذب إلى القضيب المغناطيسي بالقرب من وعاء الدبابيس.

المشاهدة:

عند وضع قضيب مغناطيسي فوق مجموعة دبابيس صغيرة على مسافة كبيرة لا تنجذب إليه وإذا وضعنا مسمار بين قطب المغناطيس والدبابيس فإنها تنجذب إلى المسمار وبفرض أن المسافة بينهما تكون صغيرة بدرجة كافية وإذا حركنا المغناطيس بعيداً عن المسمار فنلاحظ سقوط الدبابيس. النتيجه: يتضح لنا معنى الحث – وهو انتقال التأثر المغناطيسي من المغناطيس إلى المسمار أي أن المغناطيس بتأثيره على المسمار حثه على جذب مجموعة الدبابيس كما في الشكل(١ -٥).



شكل ١ - ٥

- **الاستبقائية:**

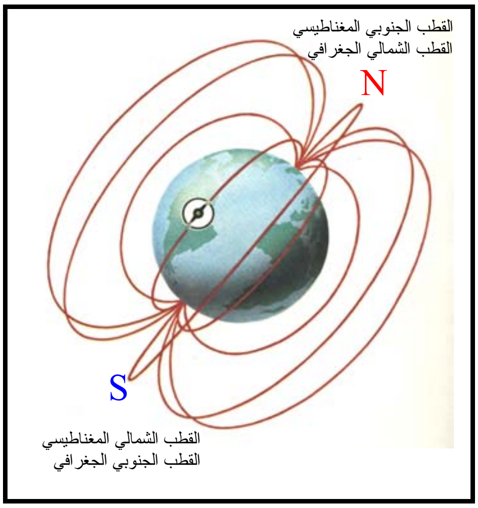
يتبادر للذهن سؤال هل يزول تأثير المغناطيس عن المسمار في المثال السابق بمجرد إبعاد المغناطيس منه؟

لاحظ سقوط الدبابيس بعد إبعاد المغناطيس من المسمار ولكن عند تقريب هذا المسمار من برادة حديد فإننا نرى أنه يجذب شيئاً منها في الوقت الذي لا يؤثر على المسمار جسم مغناطيسي ونحصل من ذلك على الخلاصة التالية: لا تتلاشى المغناطيسية كلية بإبعاد القضيب المغناطيسي المؤثر، وإنما تكون هناك بقية صغيرة منها في الحديد المطاوع وتسمى هذه الظاهرة أيضاً بالمغناطيسية المتبقية وقد أفادت هذه الظاهرة في تطوير صناعة المولدات الكهربائية فائدة كبيرة.

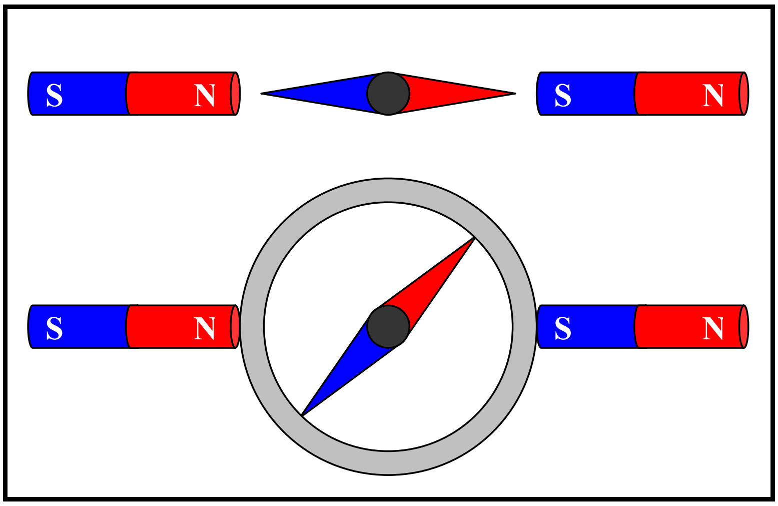
- **تأثير الحجب المغناطيسي:**

يعتبر كوكب الأرض جسماً مغناطيسياً ضخماً حيث أن قطبها المغناطيسي الشمالي يستقر في القطب الجنوبي الجغرافي بينما قطبها المغناطيسي الجنوبي يستقر بالقرب من القطب الشمالي الجغرافي كما في الشكل(١ -٦).

حينما تأتي بإبرة مغناطيسية ونجعلها تتحرك بحرية نجد أنها تتجه إلى القطب الشمالي والجنوبي الأرضي وعندما تؤثر على هذه الإبرة بقطبي مغناطيس فإن قطبي الإبرة تنجذب للأقطاب المغناطيسية لأن تأثيرها أقوى من تأثير المغناطيسية الأرضية. وبوضع حلقة من الحديد المطاوع بين قطبي المغناطيس ووضع الإبرة المغناطيسية بداخل هذه الحلقة نجد أن الإبرة تأخذ اتجاه الشمال الجنوبي للمغناطيس الأرضي وهنا يتضح أنه لا يوجد تأثير لقطبي المغناطيس ويطلق على هذه الظاهرة ((تأثير الحجب المغناطيسي)) وتستغل هذه الظاهرة في صناعة البوصلات المستخدمة في السفن كما في الشكل(١ -٧).



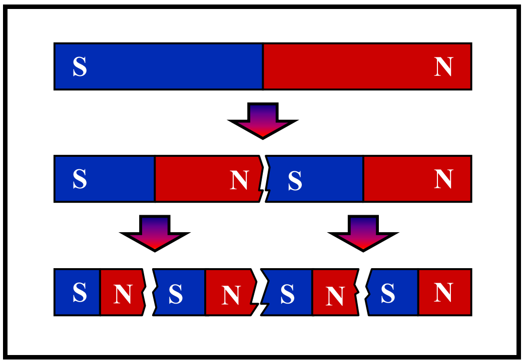
شكل ١ -٦



شكل ١ -٧

- **النظرية الجزئية المغناطيسية:**

حتى الآن لم تثبت التجارب العلمية على وجود مغناطيس ذا قطب وحيد ، بل أن جميع الأقطاب المغناطيسية المعروفة لدينا في الوقت الحاضر هي أزواج، أي إذا تم قطع القضيب المغناطيسي إلى نصفين فكل نصف سوف يملك قطبين شمالي وجنوبي وإذا ما تم قطع النصفين الناتجين فنحصل على نفس النتيجة السابقة وهكذا كما في الشكل(١ -٨).



شكل ١ -٨

- **المجال المغناطيسي:**

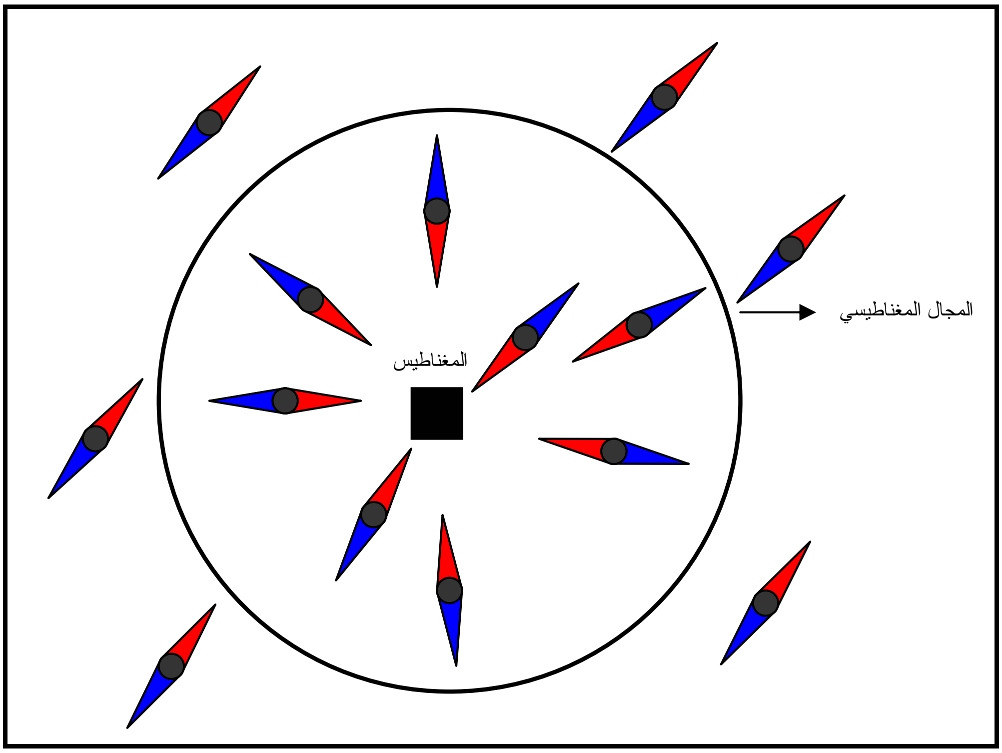
لإيضاح مفهوم المجال المغناطيسي نقوم بالتجربة التالية:

مكونات التجربة: - مغناطيس – مجموعة من الإبر المغناطيسية

عمل التجربة: ترتب الإبر المغناطيسية بحيث ترتكز لتكون حرة الدوران على مسافات مختلفة حول المغناطيس.

المشاهدة: نلاحظ الظاهرة التالية: تنضبط جميع الإبر المغناطيسية بحيث تشير إلى المغناطيس وذلك في نطاق مسافة معينة منه وخارج هذا النطاق تنضبط الإبر المغناطيسية بحيث تكون في الاتجاه الشمالي الجنوبي الأرضي كما في الشكل(١ -٩).

النتيجة: - تؤثر القوى المغناطيسية الناتجة عن مغناطيس في نطاق حيز معين يطلق عليه "المجال المغناطيسي" والمجال المغناطيسي هو حيز تكون المغناطيسية فعالة في نطاقه بحيث توجد عند أي نقطة فيه قوة مغناطيسية. ويمكن القول بأن القوة المغناطيسية التي تؤثر على الأجسام المادية المشحونة، أثناء حركتها أمام الأجسام المغناطيسية، متعلقة بوجود حقل أو مجال، ويكون الوسيط الذي يحمل تأثير هذه الأجسام المغناطيسية على الأجسام القابلة للمغنطة المتحركة أمامها وهذا الحقل يسمى المجال المغناطيسي.



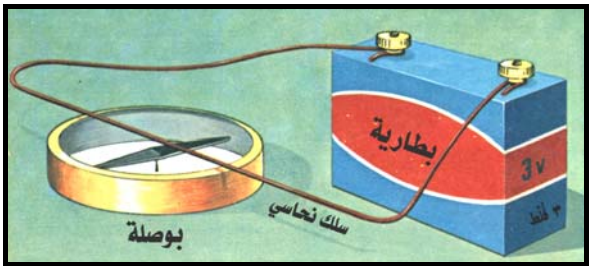
شكل ١ -٩

المجال المغناطيسي للتيار الكهربائي وطرق تحديد اتجاهه:

إن دراسة المغناطيسية والأثر المغناطيسي للتيار الكهربائي أمر هام جداً وله استعمالات كثيرة ومتنوعة في الحياة العملية وأهم هذه الاستعمالات هي:

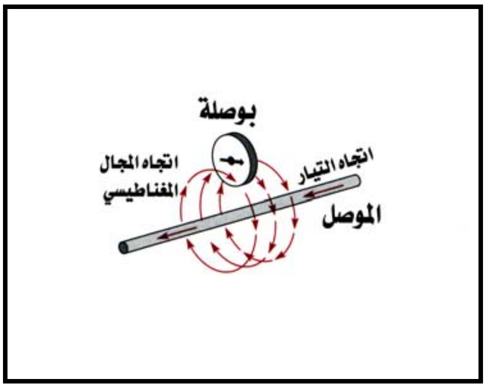
المولدات الكهربائية – المحركات – المحولات – الاتصالات السلكية واللاسلكية

إن مرور تيار كهربائي في سلك يمر فوق إبرة مغناطيسية حرة الحركة يتسبب في انحراف هذه الإبرة عن اتجاهها الطبيعي – الشمال الجنوبي الجغرافي – هذا ما اكتشفه العالم أورستيد في عام ١٨٢٠م كما لاحظ عودة الإبرة إلى وضعها الطبيعي – الشمالي الجنوبي الجغرافي – عند فصل التيار الكهربائي ونتيجة لهذه المشاهدة يرى أن مجالاً مغناطيسياً نشأ بالقرب من السلك عندما سرى فيه تيار كهربائي وأن شكل المجال مغاير لشكل المجال حول قضيب مغناطيسي كما في الشكل(١ -١٠).



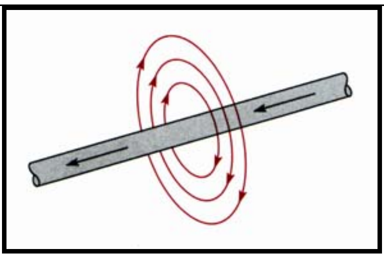
شكل ١ -١٠

إذاً من خلال ما سبق يتضح لنا أنه عند مرور تيار كهربائي في موصل يتسبب ذلك في نشوء مجال مغناطيسي حول هذا الموصل على شكل دوائر مركزية مركزها هو الموصل وتزداد كثافة هذه الدوائر كلما اقتربت من الموصل وقد أمكن كذلك تحديد العلاقة بين اتجاه التيار في الموصل واتجاه الخطوط المغناطيسية الناشئة حوله وذلك بوضع أبره مغناطيسية حول الموصل وفي جميع الاتجاهات حيث يكون اتجاه الخطوط المغناطيسية مع عقارب الساعة كما هو موضح في الشكل (١ -١١) .

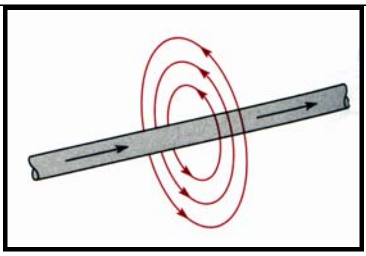


شكل(١ -١١)

والشكل (١ -١٢) و (١ -١٣) يوضح اتجاه خطوط المجال المغناطيسي في حالة مرور التيار الكهربائي في اتجاهين مختلفين .



شكل١ -١٢



شكل١ -١٣

ولتحديد شكل خطوط المجال عملياً من خلال التجربة التالية:

مكونات التجربة: موصل – ورقة سميكة – برادة حديد – بطارية

خطوات العمل:

- يتم إيصال الموصل بالبطارية.
- وضع البرادة على الورقة وطرقها طرقات خفيفة.

المشاهدة: عند إمرار التيار الكهربائي في الموصل وبعد طرق الورقة طرقات خفيفة نجد أن برادة الحديد تترتب في دوائر مركزها الموصل وهذه الدوائر تحدد خطوط المجال المتكونة حول الموصل.

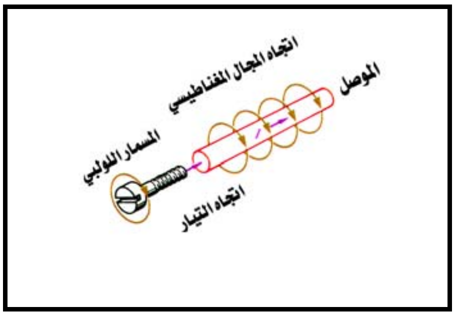
النتيجة: إن مرور التيار الكهربائي في الموصل ولّد مجالاً مغناطيسياً حول الموصل على شكل حلقات دائرية كما في الشكل(١ -١٤).

شكل ١ -١٤

ويمكن تحديد اتجاه خطوط المجال المغناطيسي واتجاه التيار الكهربائي في الموصل بمساعدة القاعدتين التاليتين:

قاعدة المسمار اللولبي:

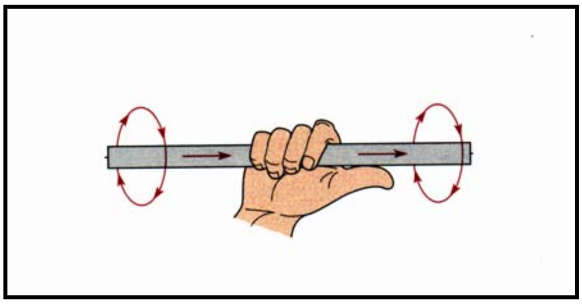
عند ربط مسمار ملولب يميني إلى أسفل في اتجاه سريان التيار الكهربائي فإن اتجاه دورانه يبين اتجاه خطوط المجال المغناطيسي كما في الشكل(١ -١٥).



شكل ١ -١٥

قاعدة اليد اليمنى:

عند القبض على موصل حامل للتيار باليد اليمنى، بحيث يشير إصبع الإبهام إلى اتجاه سريان التيار، تبين أطراف الأصابع اتجاه خطوط المجال المغناطيسي كما في الشكل(١ -١٦).



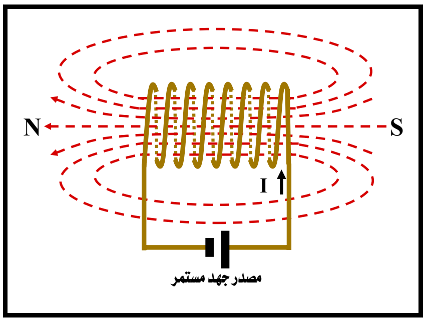
شكل ١ -١٦

مما سبق يتضح لنا أن المجال المغناطيسي الناشئ حول موصل مستقيم يمر به تيار كهربائي له الخصائص التالية:

- خطوط المجال عبارة عن دوائر متحدة المركز ويكون مركزها هو الموصل.
- تقع الدوائر على مستوى عمودي على اتجاه التيار.
- عند عكس التيار المار في الموصل ينعكس المجال ولا يغير شكله.
- يزداد تقارب الخطوط من بعضها كلما زادت شدة التيار.

المجال المغناطيسي لملف حامل للتيار الكهربائي:

عند ثني موصل مستقيم لتكوين حلقة دائرية، يحدث تراكب للمجالات المغناطيسية لهذا الموصل نتيجة لمرور التيار الكهربائي خلاله، ويبين الشكل حدوث هذه الظاهرة على لفة واحدة ويوضع عدة لفائف من موصل بجانب بعضها بحيث تشكل ملفاً فإذا كان طول هذا الملف كبيراً بالنسبة لقطره، نلاحظ أن تأثير هذا الملف عندما يمر به تيار كهربائي يشبه تماماً تأثير قضيب مغناطيسي كما في الشكل(١ -١٧).



شكل ١ -١٧

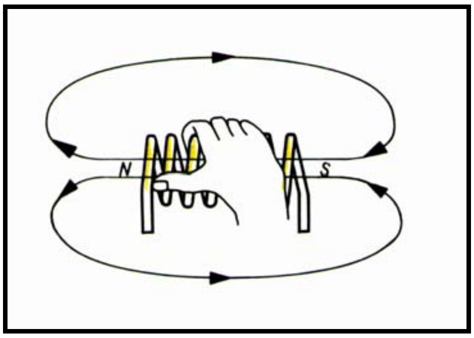
ويمكن تحديد قطبية هذا الملف الحامل للتيار من خلال إحدى القاعدتين التاليتين:

قاعدة عقارب الساعة:

عند النظر إلى فتحة ملف، يكون طرف الملف المواجه للناظر هو القطب الجنوبي إذا مر التيار عبر الملف في اتجاه حركة عقارب الساعة، ويكون هو القطب الشمالي إذا مر التيار في اتجاه عكس حركة عقارب الساعة.

قاعدة اليد اليمنى:

عند القبض على ملف باليد اليمنى، بحيث تشير أطراف الأصابع لاتجاه سريان التيار بالملف يبين الإبهام الممتد اتجاه خطوط المجال المغناطيسي داخل الملف، ويبين طرف الإبهام موضع القطب الشمالي كما في الشكل(١ -١٨).



شكل ١ -١٨

مما سبق يتضح لنا أن المجال المغناطيسي المتكون حول ملف حلزوني يمر به تيار كهربائي له الخصائص التالية:

١ - خطوط المجال حلقات دائرية تخرج من أحد الأطراف وتدخل في الطرف الآخر وتكمل دورتها داخل الملف.

٢ - تكون خطوط المجال داخل الملف منتظمة ومستقيمة ويكون اتجاهها بعكس اتجاه الخطوط خارج الملف.

٣ - يكون للملف قطبان شمالي وجنوبي.

٤ - تعتمد قوة المغناطيس الناتج على عدة عوامل:

أ - شدة التيار في الملف.
ب - عدد اللفات.
ج - طول الملف.
د - نوع القلب داخل الملف.

يعتبر الملف الحلزوني الذي يمر به تيار كهربائي مغناطيساً كهربائياً ويتميز عن المغناطيس الدائم بما يلي:

١ - يمكن مغنطته لشدة أعلى بكثير من المغناطيس الدائم.

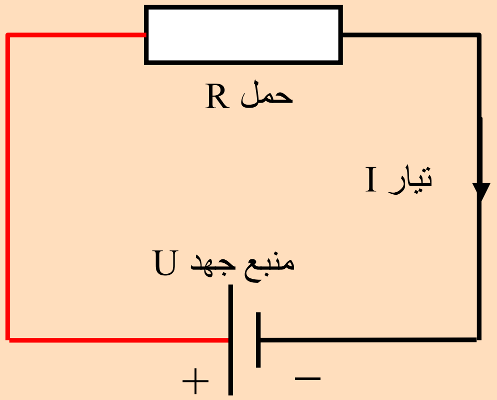
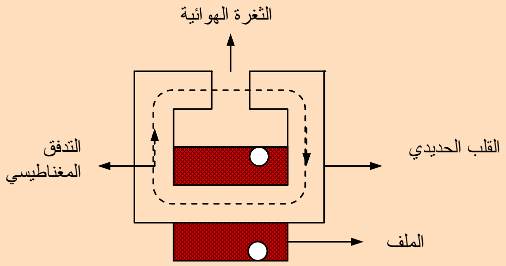
٢ - تتغير قيمة التدفق المغناطيسي بتغيير تيار الملف.

٣ - ينعكس اتجاه التيار في ملف المغناطيس بحيث يصبح القطب الشمالي قطباً جنوبياً والعكس.

٤ - يمكن إنشاء مغناطيس دائم بواسطة ملف.

الكميات المغناطيسية:

في البداية نريد أن نجري مقارنة بسيطة بين الدائرة الكهربائية والدائرة المغناطيسية حيث إنه يوجد تشابه كبير بينهما.

الدائرةالكهربائية	الدائرة المغناطيسية
مصدر الجهد الكهربائي : بطارية 	مصدر الجهد المغناطيسي:ملف حامل للتيار ذو قلب حديدي 
مصدر الجهد الكهربائي = مولد	مصدر الجهد المغناطيسي = ملف حامل للتيار ذو قلب حديدي (بالقدر الذي يملأ فراغ الملف فقط)
الجهد الكهربائي U بالفولت هو المسبب لتيار الكهربائي I بالأمبير .	وصلية التدفق Θ أو الجهد المغناطيسي$V=I \times N$ بالأمبير هو المسبب للتدفق المغناطيسي Φ.
تتدفق الإلكترونات في الدائرة الكهربائية	لا يسري او يتدفق شيء في الدائرة المغناطيسية ، فالمجال المغناطيسي ساكن.
تقاس شدة التيار الكهربائي I بالأمبير.	تقاس قيمة التدفق المغناطيسي Φ بالويبر أو الفولت ثانية.
كثافة التيار s هي قيمة التيار I لكل mm^2 من مقطع الموصل.	كثافة التدفق المغناطيسي B هي قيمة التدفق المغنطيسي Φ لكل m^2 من المقطع الفولاذي $B=\Phi/A$ بالتسلا T او الفولت ثانية لكل m^2.

الدائرة الكهربائية	الدائرة المغناطيسية
تتكون المقاومة الكهربائية R في الدائرة الكهربائية من مقاومات الموصلات والأحمال.	تنشأ المقاومة المغناطيسية Rm من القضبان الفولاذية حول الملف ، ومن الثغرة الهوائية كحمل ، ويقاوم الهواء التدفق المغناطيسي مقاومة كبيرة.
قانون أوم للدائرة الكهربائية : $I=U/R$ التعريف : يزداد التيار I كلما زاد الجهد U ونقصت المقاومة R	قانون أوم للدائرة المغناطيسية : $\Phi = V/Rm = I \times N/Rm$ التعريف : يزداد التدفق المغناطيسي Φ،كلما زاد الجهد المغناطيسي V أو وصلية التدفق Θ وكلما نقصت المقاومة المغناطيسيةRm.
المقاومة الكهربائية : $R = l/ \chi \times A$ l = طول الموصل χ = موصلية المادة A = مساحة مقطع الموصل	المقاومة المغناطيسية: $Rm = l / \mu \times A$ l = طول الدائرة المغناطيسية μ = الموصلية المغناطيسية للمادة A = مساحة مقطع الفولاذ او الهواء

تعريف بالكميات المغناطيسية:

يقاس التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي بكميات مغناطيسية أهمها :

١ - وصلية التدفق المغناطيسي :

وهي عبارة عن القوة المسببة للمغناطيسية في الملفات وتدعى أيضاً بالقوة الدافعة المغناطيسية.

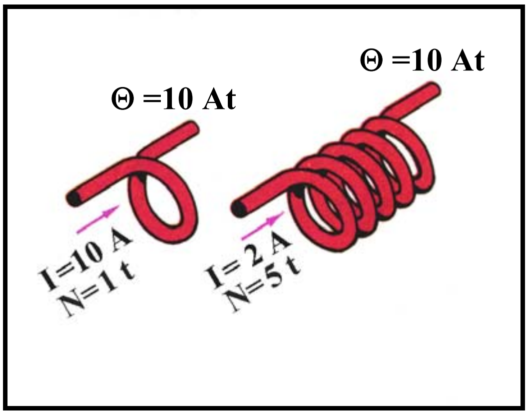
وتعتمد على التيار المار في الملف وكذلك عدد اللفات . و الشكل(١ -١٩) يبين ملفين لهما نفس وصلية التدفق مع اختلاف التيار وعدد اللفات لكل منهما .

- يرمز لوصلية التدفق المغناطيسي بالرمز : (Θ) وتنطق ثيتا
- وحدة قياسها :**At** (أمبير لفه).
- ويمكن حسابها بالقانون :

$$\Theta = I \times N \quad At$$

حيث :

I:	شدة التيار بـ(A الأمبير)	**N:**	عدد اللفات بوحدة (لفه t).



شكل(١ -١٩)

٢ - شدة المجال المغناطيسي :

وهي وصلية التدفق لكل متر في طول خط المجال .

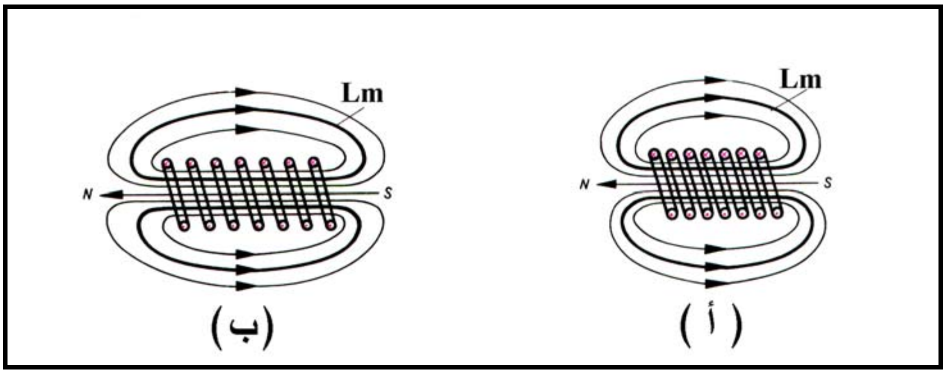
والشكل (١ -٢٠) يبين ملفان لهما عدد متساوي من عدد اللفات وقيم متساوية لوصلية التدفق،ونلاحظ أن طول خط المجال المتوسط للملف القصير(المنضغط) كما هو موضح في الشكل(١ -٢٠،أ) أقصر من طول خط المجال المتوسط للملف الطويل كما هو موضح في الشكل(١ -٢٠،ب) ،لذلك فخطوط المجال في الملف الطويل كما هو موضح في الشكل(١ -٢٠،ب)عليها أن تقطع مسافة أطول وبذلك فإن الملف يستهلك طاقة أكثر من الملف القصير، .ونستنتج أن شدة المجال تقل كلما زاد طول مسار المجال المتوسط.

- ويرمز لشدة المجال المغناطيسي بالرمز : **H**
- وحدة قياسه : **At/m** (أمبير لفه لكل متر).
- ويمكن حسابه بالقانون :

$$H = \frac{I \times N}{L_m} = \frac{\Theta}{L_m} \quad At/m$$

حيث :

I:	شدة التيار بـ(A الأمبير)	**N:**	عدد اللفات .
L_m:	طول المسار المجال المتوسط(بوحدة المتر m)	**Θ:**	وصلية التدفق المغناطيسي(أمبير لفه **At**) .



شكل(١ -٢٠)

٣ - كثافة التدفق المغناطيسي:

هي عبارة عن كمية الخطوط المغناطيسية التي تخص وحدة المساحة.

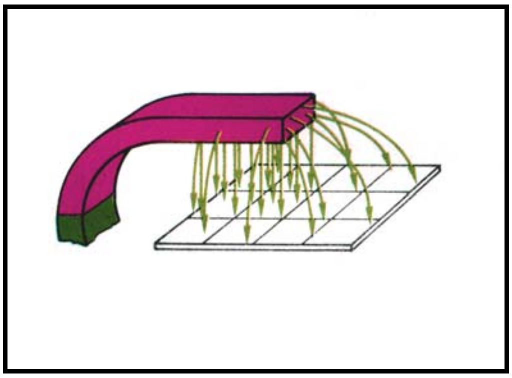
نلاحظ أن كثافة التدفق تزداد كلما كانت الخطوط متقاربة (متجمعة) وتقل كلما كانت الخطوط المغناطيسية متباعدة ،كما هو موضح بالشكل(١ -٢١) .

- ويرمز لكثافة التدفق المغناطيسي بالرمز : **B**
- وحدة قياسه : **T** (وتنطق تسلا).
- ويمكن حسابه بالقانون :

$$B = \mu_o \times \mu_r \times H \quad T$$

حيث :

μ_o:	معامل الإنفاذية للفراغ (يساوي 1.25×10^{-6})	μ_r:	معامل الإنفاذية النسبي لمادة القلب
B:	كثافة التدفق المغناطيسي بوحدة (T) .		



شكل(١ -٢١)

٤ - التدفق المغناطيسي:

هو عبارة عن جميع الخطوط المغناطيسية الخارجة من القطب المغناطيسي .

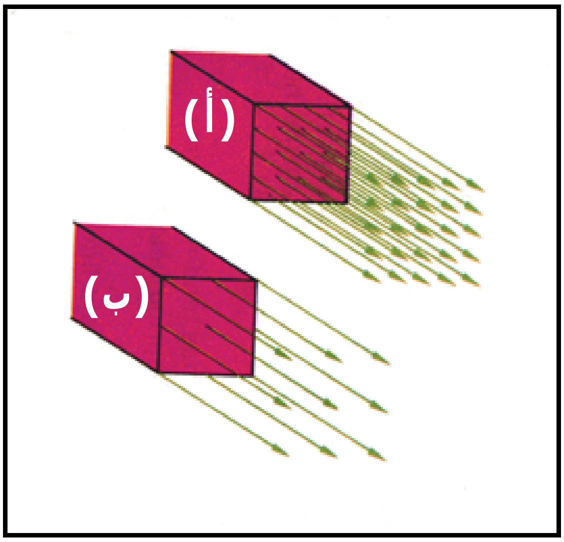
ويوضح الشكل (١ -٢٢) قطبان مغناطيسيان ونلاحظ أن القطب في شكل (١ -٢٢،أ) له تدفق مغناطيسي ابر من القطب الآخر في شكل(١ -٢٢،ب) .

- ويرمز لتدفق المغناطيسي بالرمز : Φ
- وحدة قياسه : **Wb** (وتنطق تسلا).
- ويمكن حسابه بالقانون :

$$\Phi = B \times A \quad \text{Wb}$$

حيث :

:B	كثافة التدفق المغناطيسي بوحدة (T) .	**:A**	مساحة مقطع القطب بوحدة المتر مربع(m^2) .



شكل(١ -٢٢)

أمثلة ومسائل

مثال ١:

احسب القيم الناقصة في الجدول التالي:

	التدفق المغناطيسي Φ	المساحة المستعرضة للمجال A	كثافة التدفق B
أ	7200 µwb	5930 mm²	?
ب	6000 µwb	?	0,22 T
ج	?	11300 mm²	0,53 T
د	0,92 µwb	60 mm²	?
هـ	?	d = 150 mm	1 T
و	1600 µwb	38mm × ?	1,5 T

الحل:

أ)

$$\Phi = \frac{7200}{1000000} = 0{,}0072 \text{ wb}$$

$$A = \frac{5930}{1000000} = 0{,}00593 \text{ m}^2$$

$$B = \frac{\Phi}{A} = \frac{0{,}0072}{0{,}00593} = 1{,}21 \text{ T}$$

ب)

$$\Phi = \frac{6000}{1000000} = 0{,}006 \text{ wb}$$

$$A = \frac{\Phi}{B} = \frac{0{,}006}{0{,}22} = 0{,}027 \text{ m}^2$$

ج)

$$A = \frac{11300}{1000000} = 0{,}0113 \text{ m}^2$$

$\Phi = B \times A = 0,53 \times 0,0113 = 5,99\times10^{-3}$ wb

د)

$$\Phi = \frac{0,92}{1000000} = 0,00000092 \text{ wb}$$

$$A = \frac{60}{1000000} = 0,00006 \text{ m}^2$$

$$B = \frac{\Phi}{A} = \frac{0,00000092}{0,00006} = 0,0153 \text{ T}$$

هـ)

$$d = \frac{150}{1000} = 0,15 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi}{4}d^2 = \frac{\pi}{4}\times(0,15)^2 = 0,0176 \text{ m}^2$$

$$\Phi = B \times A = 1 \times 0,0176 = 0,0176 \text{ wb}$$

و)

$$\Phi = \frac{1600}{1000000} = 0,0016 \text{ wb}$$

$$A = \frac{\Phi}{B} = \frac{0,006}{0,22} = 7,2\times10^{-3} \text{ m}^2$$

$$h = 38 \text{ mm} = 0,038 \text{ m}$$

$$A = l \times h \Rightarrow l = \frac{A}{h} = \frac{7,2\times10^{-3}}{0,038} = 0,19 \text{ m}$$

مثال ٢:

ملف طوله 60 cm وعدد لفاته N = 1200 t ومساحة مقطعه $10\ cm^2$. احسب وصلية التدفق وشدة المجال وكثافة التدفق والتدفق المغناطيسي. إذا مر في الملف تيار شدته 0,5 A.

المعطيات:

$$N = 1200t \quad ; \quad Lm = \frac{60cm}{100} = 0,6m \quad ; \quad A = \frac{10cm^2}{10000} = 0,01m^2$$

$$I = 0,5A \quad ; \quad \mu o = 1,25 \times 10^{-6}\frac{Vs}{Am}$$

المطلوب:

$\Phi - B - H - \Theta$

الحل:

$$\Theta = I \times N = 0,5 \times 1200 = 600\ At$$

$$H = \frac{\Theta}{Lm} = \frac{600}{0,6} = 1000\ \frac{At}{m}$$

$$B = \mu_o \times H = 1,25 \times 10^{-6} \times 1000 = 1,25 \times 10^{-3}\ T$$

$$\Phi = B \times A = 1,25 \times 10^{-3} \times 0,01 = 1,25 \times 10^{-5}\ Wb$$

مثال ٣:

ملف طوله 60 cm ومساحة مقطعه $16\ cm^2$ وعدد لفاته N = 2000 . احسب شدة التيار الواجب مروره إذا كانت كثافة التدفق B المطلوبة داخل الملف 5×10^{-2}.

المعطيات:

$$l = \frac{60}{100} = 0,6m\ ;\ A = \frac{16}{10000} = 0,016m^2\ ;\ N = 2000\ ;\ B = 5\times10^{-2}\ T;\ \mu_0 = 1,25\times10^{-6}\ \frac{Vs}{Am}$$

المطلوب:

I

الحل:

$$H = \frac{B}{\mu o} = \frac{5\times10^{-2}}{1,25\times10^{-6}} = 4\times10^{4}\ \frac{At}{m}$$

$$I = \frac{H\times l}{N} = \frac{4\times10^{4}\times0,6}{2000} = 12\ A$$

مثال ٤ :

ما هي شدة التيار اللازم مروره في ملف عدد لفاته 500 t ،وشدة المجال المغناطيسي 300 At/m والطول المتوسط للمجال المغناطيسي 17,14 cm ، إذا لزم توليد كثافة تدفق 1T في قلب من صاج المولدات ؟

المعطيات:

$$Lm=17{,}14\ cm = \frac{17{,}14}{100} = 0{,}1714\ m\ ;\ N= 500\ t\ ;\ H= 300\ At/m\ ;\ B= 1\ T$$

المطلوب:

I

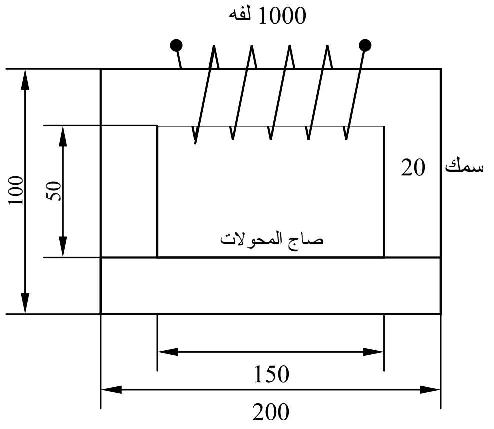
الحل:

$$H = \frac{\Theta}{Lm} \Rightarrow \Theta = H \times Lm = 300 \times 0{,}1714 = 51{,}42\ At$$

$$I = \frac{\Theta}{N} = \frac{51{,}42}{500} = 0{,}102\ A$$

مثال ٥ :

لنعتبر أن كثافة المجال المغناطيسي في قلب حديدي مقفل مستطيل الشكل متساوية تقريباً في كل جزء (إذا أهملنا الأركان والكثافة العالية لخطوط المجال الأقصر) يمر المسار المتوسط لخطوط المجال بالتقريب في وسط القلب الحديدي .



احسب بواسطة تيار إثارة قدره I = 100 mA ، وعند كثافة التدفق B= 0.6 T :

أ) وصلية التدفق Θ.

ب) الطول المتوسط للقلب الحديدي I.

ج) شدة المجال H.

د) معامل النفاذية μ.

ه) المساحة المستعرضة لمجال المغناطيس A.

و) التدفق الغناطيسي Φ.

المعطيات:

$I = 100\ mA = 0{,}1\ A\ ;\ B = 0{,}6\ T\ ;\ N = 1000\ t$

المطلوب:

$\Phi - A - \mu - H - I - \Theta$

الحل:

أ)

$$\Theta = I \times N = 0{,}1 \times 1000 = 100\ A$$

ب) يمكن إيجاد الطول Lm من الصيغة الرياضية: (الطول الخارجي + الطول الداخلي) ÷ 2

$$Lm = \frac{(200 + 100 + 150 + 50) \times 2}{2} = 500\ mm$$

ج)

$$H = \Theta \div Lm = \frac{100}{500} = 0{,}2\ A/mm$$

د)

$$\mu = B \div H = \frac{0{,}6}{0{,}2} = 3\ \mu H/mm$$

$$\mu_r = \mu \div \mu_o = \frac{3 \times 10^{-3}}{1{,}25 \times 10^{-6}} = 2400$$

هـ)

$$A = \frac{(100 - 50)}{2} \times 20 = 500\ mm^2 = 0{,}0005\ m^2$$

و)

$\Phi = B \times A = 0,6 \times 0,0005 = 0,0003$ wb

مثال ٦:

ملف عدد لفاته [لفة $N = 2450$]ومقاومته $R = 48\ \Omega$ وموصل على جهد $U = 24$ V احسب : (١) التيار I . (٢) وصلية التدفق المغناطيسي Θ .

المعطيات:

$N = 2450t \quad ; \quad R = 48\Omega \quad ; \quad U = 24v$

المطلوب:

Θ - I

الحل:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{24}{48} = 0,5\ A$$

$$\theta = I \times N = 0,5 \times 2450 = 1225\ A$$

مثال ٧:

ملف عدد لفاته $N = 1000$ t ويمر به تيار $I = 1.2$ A
وطول مسار المجال $Lm = 500$ mm احسب :
(١) وصلية التدفق المغناطيسي Θ . (٢) شدة المجال المغناطسي H .

المعطيات:

$N = 1000t \quad ; \quad I = 1,2A \quad ; \quad Lm = 500mm$

المطلوب:

H - Θ

الحل:

$$Lm = \frac{500}{1000} = 0,5\ m$$

$$\Theta = I \times N = 1,2 \times 1000 = 1200\,A$$

$$H = \frac{\Theta}{Lm} = \frac{1200}{0,5} = 2400\,A/m$$

مثال ٨ :

ملف ذو قلب حديدي شدة مجاله $H = 1.8$ A/mm

ومعامل النفاذية النسبي للحديد $\mu_r = 2400$ احسب : كثافة التدفق المغناطيسي B .

المعطيات:

$H = 1,8A/mm \quad ; \quad \mu r = 2400$

المطلوب:

B

الحل:

$$H = \frac{1,8\,A}{\frac{1\,mm}{1000}} = 1,8 \times \frac{1000}{1} = 1800\,A/m$$

$$B = \mu_o \times \mu_r \times H$$

$$= 1.25 \times 10^{-6} \times 2400 \times 1800 = 5.4\,T$$

مثال ٩ :

ملف عدد لفاته $N = 1000$ t ويمر به تيار مقداره $I = 0.1$ A ملفوف حول قلب حديدي طوله L $= 500$ mm ومساحة مقطعه $A = 500\ mm^2$ ومعامل الإنفاذية النسبي للقلب $\mu_r = 2400$

احسب :

(١) وصلية التدفق المغناطيسي Θ .

(٢) شدة المجال المغناطيسي H.

(٣) كثافة التدفق المغناطيسي B .

(٤) التدفق المغناطيسي Φ .

المعطيات:

$N = 1000t \quad ; \quad I = 0,1A \quad ; \quad Lm = 500mm; \quad A = 500mm^2; \quad \mu r = 2400$

المطلوب:

$\Phi - B - H - \Theta$

الحل:

$$L = \frac{500\ mm}{1000} = 0.5\ m \quad , \quad A = \frac{500\ mm^2}{1000 \times 1000} = \frac{500}{1000000} = 0.0005\ m^2$$

$$\Theta = I \times N = 0,1 \times 1000 = 100\ A$$

$$H = \frac{\Theta}{L} = \frac{100}{0,5} = 200\ A/m$$

$$B = \mu_o \times \mu_r \times H$$
$$= 1,25 \times 10^{-6} \times 2400 \times 200 = 0.6T$$

$$\Phi = B \times A = 0,6 \times 0,0005 = 0,0003Wb$$

مثال ١٠ :

ملف حلقي مقفل بدون قلب حديدي القطر المتوسط له $d_m = 10\ cm$

وعدد لفاته [لفة $N = 4096$] وقطر كل لفة $d = 2\ cm$

ويمر به تيار مقداره $I = 1.25\ A$ احسب :

(١) وصلية التدفق المغناطيسي Θ .
(٢) طول مسار المجال المتوسط L_m.
(٣) شدة المجال المغناطسي H.
(٤) كثافة التدفق المغناطيسي B .
(٥) مساحة مقطع المجال A .
(٦) التدفق المغناطيسي Φ .

المعطيات:

$dm = 10cm \quad ; \quad N = 4096t \quad ; \quad d = 2cm \quad ; \quad I = 1,25A$

المطلوب:

$\Phi - A - B - H - Lm - \Theta$

الحل:

$$\Theta = I \times N = 1,25 \times 4096 = 5120\,A$$

$$U_m = L_m = \pi \times d_m = 3,14 \times \frac{10\,cm}{100} = 3,14 \times 0,1 = 0,314\,m$$

$$H = \frac{\Theta}{L_m} = \frac{5120}{0,314} = 16305,73\,A/m$$

$$B = \mu_o \cdot \mu_r \cdot H$$

$$= 1,25 \times 10^{-6} \times 1 \times 16305,73 = 0,02\,T$$

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times \left[\frac{2\,cm}{100}\right]^2}{4} = \frac{3,14 \times (0,02)^2}{4}$$

$$= \frac{3,14 \times 0,0004}{4} = \frac{0,001256}{4} = 0,000314\,m^2$$

$$\Phi = B \times A = 0,02 \times 0,000314 = 0,0000068\,Wb$$

مثال ١١ :

في الدائرة التالية احسب :

(١) وصلية التدفق المغناطيسي Θ .

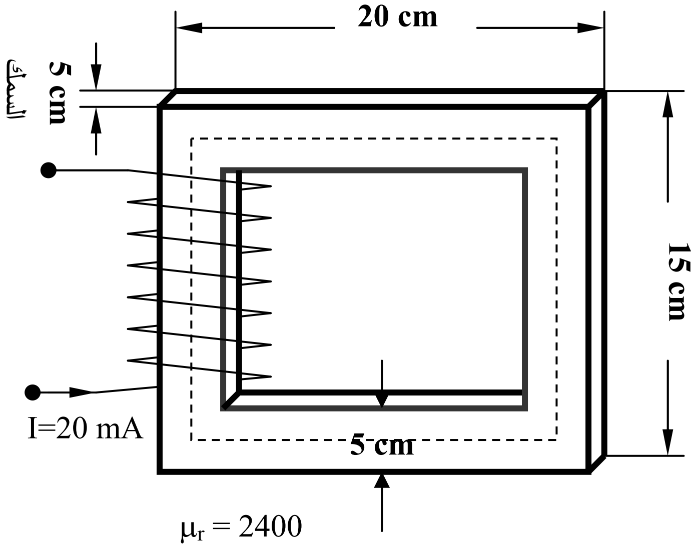
(٢) طول مسار المجال المتوسط L_m.

(٣) شدة المجال المغناطيسي H.

(٤) كثافة التدفق المغناطيسي B .

(٥) مساحة مقطع المجال A .

(٦) التدفق المغناطيسي Φ .



المعطيات:

من الرسم

المطلوب:

Φ – A – B – H – Lm – Θ

الحل:

$$L_m = 2\times(20-5)+2\times(15-5)$$

$$= (2\times 15)+(2\times 10) = 30+20 = \frac{50\,cm}{100} = 0,5\,m$$

$$H = \frac{\Theta}{L_m} = \frac{40}{0,5} = 80\,A/m$$

$$\mathrm{B} = \mu_o \times \mu_r \times H$$

$$= 1,25\times 10^{-6}\times 2400\times 80 = 0,24\,T$$

$$A = (\frac{5\,cm}{100})^2 = (0,05)^2 = 0,0025\,m^2$$

$$\Phi = \mathrm{B}\times A = 0,24\times 0,0025 = 0,0006\,Wb$$

اختبر معلوماتك

١ - متى ظهرت أهمية مادة المنجنيت ؟

٢ - أين تقع المنطقة الحيادية في قضيب مغناطيسي ؟

٣ - عرف الاستبقائيه ؟

٤ - اشرح كيف يمكن حجب منطقة معينة مغناطيسياً ؟

٥ - عرف النظرية الجزيئية المغناطيسيه ؟

٦ - عرف المجال المغناطيسي ؟

٧ - وضح بالرسم اتجاه خطوط المجال الناشئ من موصل عند مرور تيار كهربائي به .

٨ - لتحديد اتجاه خطوط المجال المغناطيسي الناشئة حول موصل يمر به تيار كهربائي يمكن الاعتماد على قاعدة المسمار اللولبي أو قاعدة اليد اليمنى . عرف كلاً منها ؟

٩ - اذكر خصائص المجال المغناطيسي الناشئ حول موصل مستقيم يمر به تيار كهربائي .

١٠ - لتحديد قطبية ملف حامل للتيار الكهربائي يمكن الاعتماد على قاعدة عقارب الساعة أو قاعدة اليد اليمنى . عرف كلاً منها ؟

١١ - اذكر خصائص المجال المغناطيسي المتكون حول ملف حلزوني يمر به تيار كهربائي .

١٢ - عرف كلاً من الكميات التالية مع ذكر العلاقات الرياضية الخاصة بها :

أ - وصلية التدفق المغناطيسي

ب - شد المجال المغناطيسي

ج - كثافة التدفق المغناطيسي

د - التدفق المغناطيسي

١٣ - ملف عدد لفاته $N = 2000\ t$ ويمر به تيار $I = 10\ mA$
احسب : وصلية التدفق المغناطيسي Θ .

١٤ - ملف عدد لفاته $N = 2450\ t$ ومقاومته $R = 48\ \Omega$ وموصل على جهد $U = 24\ V$ احسب : (أ) التيار I . (ب) وصلية التدفق المغناطيسي Θ .

١٥ - ملف عدد لفاته $N = 1000\ t$ وينتج وصلية تدفق مقدارها $\Theta = 2000\ A$
احسب : التيار I .

١٦ - ملف هوائي عدد لفاته $N = 1000\ t$ ويمر به تيار مقداره $I = 1.5\ A$
و طول مسار المجال المتوسط $L = 300\ mm$ احسب :
(أ) وصلية التدفق المغناطيسي Θ . (ب) شدة المجال المغناطيسي H.
(ج) كثافة التدفق المغناطيسي B .

١٧ - ملف أسطواني ذي قلب هوائي طوله الداخلي $L = 150\ mm$
ونصف قطره $r = 50\ mm$ وعدد اللفات $N = 250t$ ويمر به تيار قدره $I = 5\ A$
احسب :(أ) وصلية التدفق المغناطيسي Θ . (ب) شدة المجال المغناطيسي H.
(ج) كثافة التدفق المغناطيسي B . (د) القطر d .
(هـ) مساحة مقطع المجال A . (و) التدفق المغناطيسي Φ .

١٨ - يراد أن ينشأ في ملف أسطواني ذي قلب هوائي طوله الداخلي $L = 100\ mm$
ونصف قطره $r = 100\ mm$ مجال مغناطيسي ذو كثافة تدفق $B = 0.08\ T$
بتيار قدره $I = 10\ A$ احسب :
(أ) شدة المجال المغناطيسي H. (ب) وصلية التدفق المغناطيسي Θ .
(ج) عدد اللفات N .

المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

مبادئ التيار المتردد

مقدمة في دوائر التيار المتردد

مقدمة في دوائر التيار المتردد

٢

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

اسم الوحدة : مقدمة في دوائر التيار المتردد

الجدارة : معرفة المواضيع التالية :

- تعريف التيار المتردد
- توليد التيار المتردد
- الجهد المتردد
- الموجه الجيبية للجهد المتردد أحادي الوجه
- التردد
- أمثلة ومسائل.

الأهداف :

عندما تكمل هذه الوحدة يكون لدى الطالب القدرة على :

١. أن يعرف التيار المتردد.
٢. أن يشرح طريقة توليد التيار المتردد.
٣. أن يرسم الموجة الجيبية للجهد المتردد احادي الوجه .
٤. أن يذكر تعريف التردد.
٥. أن يحسب كلاً من الجهد المتردد والتردد.

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل الطالب إلى إتقان الجدارة ٨٥٪ .

الوقت المتوقع للتدريب : ١٠ ساعات .

الوسائل المساعدة :

- جهاز العرض العلوي لعرض الصور .
- نماذج .

متطلبات الجدارة :

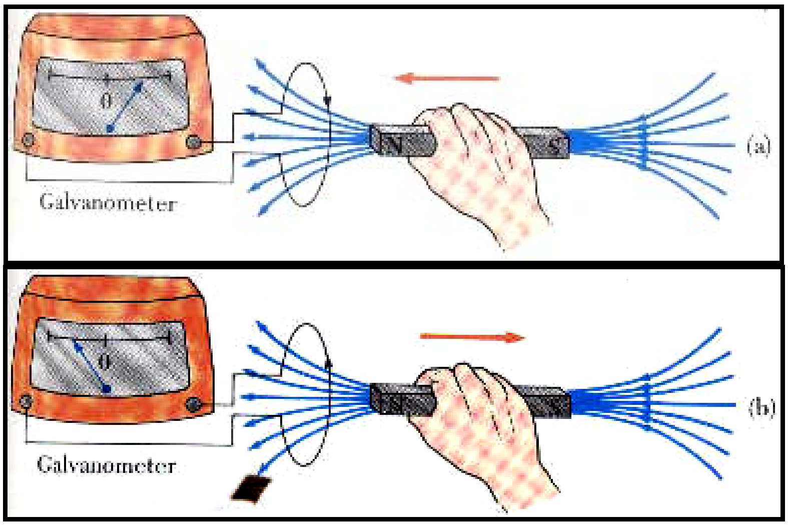
يجب معرفة ما سبق دراسته في الوحدة الأولى.

كان الشرح والنصوص المتعلقة بالتقنيات الكهربائية العامة ، التي بينت سابقا مقصورة على دوائر التيار المستمر . ومصادر الجهد التي استخدمت سابقاً كانت عبارة عن مصادر جهد مستمر (بطاريات) وعلى كلٍ ، فالتيار المستمر له أهمية صغرى بالنسبة لمصادر الكهرباء العامة ، لأن كلا من نقل وتوزيع التيار المستمر يظهر مضاراً لا توجد في مصادر التيار المتردد . أما اليوم فإن أغلبية محطات القوى تولد جهداً متردداً ، كما أن التيار المتردد ينقل إلى كل مكان . والمستهلكون الذين يستخدمون تياراً مستمراً يحصلون عليه بتحويل التيار المتردد بواسطة أجهزة خاصة .
وللدخول في مجال دوائر التيار المتردد يستوجب ذلك التعرف في البداية على التيار المتردد وكيفية تكوينه لذا سوف يكون حديثنا في البداية عن ما يسمى بالحث الكهربائي وبشكل مختصر .

قانون فارادي Faraday's Law:

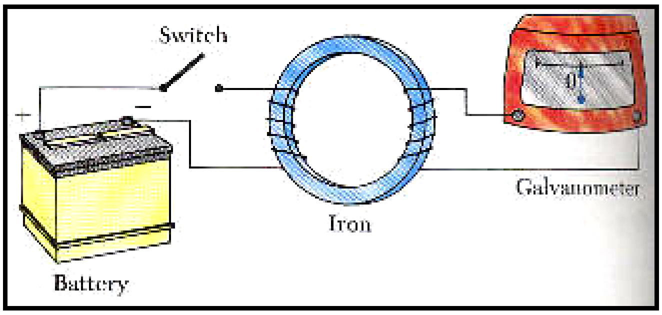
درسنا في ما سبق كيفية الحصول على مجال مغناطيسي من تيار يمر في أشكال مختلفة من السلك، وتجدر الإشارة هنا إلى التساؤل . هل يمكن الحصول على تيار كهربي من المجال المغناطيسي؟ وهذا ما أتم الإجابة عنه كل من العالمين مايكل فارادي البريطاني وجوزيف هنري الأمريكي حيث اكتشف قانون فارادي عام ١٨٣١م بعد أن قام كل من العالمين بعدة تجارب أدت إلى نتائج متشابهة وهي ما تعرف بقانون فارادي للحث Faraday's law of induction. والتي من خلالها يمكن الحصول على تيار كهربي من المجال المغناطيسي.

لوحظ أنه عند اقتراب مغناطيس من الدائرة المبينة في الشكل يتحرك مؤشر الجلفانومتر وعند ثبوت المغناطيس يعود مؤشر الجلفانومتر إلى الصفر أما عند سحب المغناطيس في الاتجاه المعاكس ينحرف مؤشر الجلفانومتر في الاتجاه الأخر مما يشير إلى مرور تيار كهربي في الدائرة عند حركة المغناطيس يعرف هذا التيار بالتيار الحثي Current Induced وهو ناشئ من قوة دافعة كهربية Induced Electromotive Force.



شكل ٢ -١

في تجربة أخرى مبينة في الشكل نلاحظ عند لحظة إغلاق مفتاح الدائرة الكهربية ولحظة فتح الدائرة الكهربية مرور تيار في الدائرة الثانوية، وهذا يعود إلى أنه في حالة فتح الدائرة الكهربية أو إغلاقها فإن التيار يتغير بين القيمة صفر وأقصى قيمة مما يؤدي إلى تغيير في المجال المغناطيسي المتولد في الملف على الجانب الأيسر للدائرة وهذا يؤدي إلى تيار كهربي يمر في الدائرة الثانوية.



شكل ٢ -٢

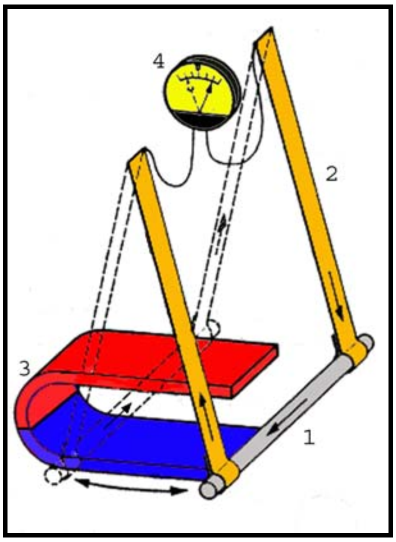
الحث الكهربائي :Electrical Induction

ماذا يحدث لو حركنا موصلاً في مجال مغناطيسي ثابت المقدار بحيث يقطع خطوط المجال. أو جعلنا المجال المغناطيسي المحيط بموصل ثابت يتغير مع الزمن؟

نلاحظ في كل تلك الحالات توليد جهداً كهربائياً بين طرفي الموصل. وهذا ما يعرف بمبدأ الحث الكهربائي ولاننا لسنا بصدد التفصيل في موضوع الحث الكهربائي والذي سيفصل فيه في مادة اخرى سوف نكتفي بالحديث عن حث الحركة Induction by motion.

وللبدء في مناقشة التيار المتردد نستعرض التجربة التالية

تجربة: دراسة توليد الجهد بحث الحركة.



شكل ٢ -٣

التجهيزات:

١ - موصل كهربائي متحرك (أنبوبة من الألمنيوم).

٢ - حامل.

٣ - مغناطيس حذوة حصان.

٤ - فولتميتر حساس مدرج بالملي فولت ونقطة الصفر في المنتصف.

الخطوات:

١ - علق الموصل بحيث يتأرجح بين فكي المغناطيس للداخل والخارج ثم لاحظ مؤشر الجهاز.

٢ - علق الموصل ثابتاً ولاحظ مؤشر الجهاز.

٣ - علق الموصل ثابتاً وحرك المغناطيس بسرعة.

٤ - حرك الموصل إلى أسفل أو إلى أعلى بسرعة ثم لاحظ مؤشر الجهاز.

المشاهدة:

تدون الملاحظات المأخوذة في الخطوات السابقة في جدول كما يلي:

الخطوة	حركة الموصل	انحراف مؤشر الجهاز	حركة المغناطيس
١	في الاتجاه (A) للداخل	إلى اليمين	ثابت
١ -١	في الاتجاه (B) للخارج	إلى اليسار	ثابت
٢	ثابت	لا يوجد انحراف	ثابت
٣	ثابت	عكس الانحراف في (١)	متحرك يمين ويسار
٣ -١	ثابت	عكس الانحراف في (١ -١)	متحرك يمين ويسار
٤	إلى أعلى	لا يوجد انحراف	ثابت
٤ -١	إلى أسفل	لا يوجد انحراف	ثابت

النتيجة:

أ - يستحث (يتولد) جهد كهربائي بين أطراف الموصل في الحالات التالية:

١ - إذا تحرك الموصل بحيث يقطع خطوط المجال المغناطيسي.

٢ - إذا بقي الموصل ثابتاً وتحرك المجال.

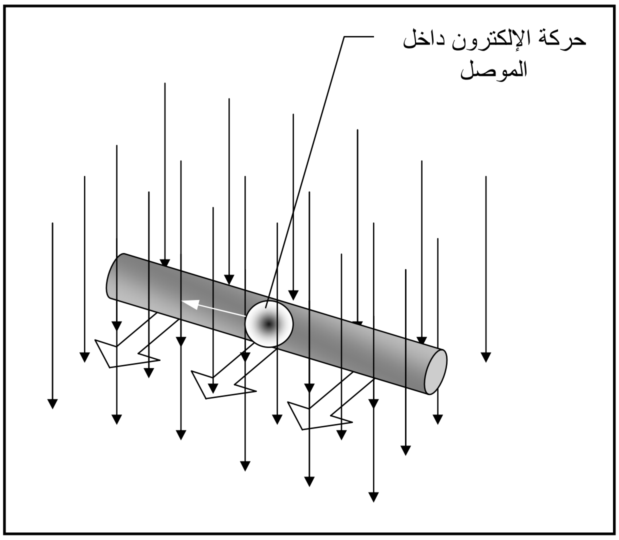
ب - يمكن عكس اتجاه الجهد المتولد في الحالات التالية:

١ - عكس اتجاه الحركة.

٢ - عكس اتجاه المجال المغناطيسي.

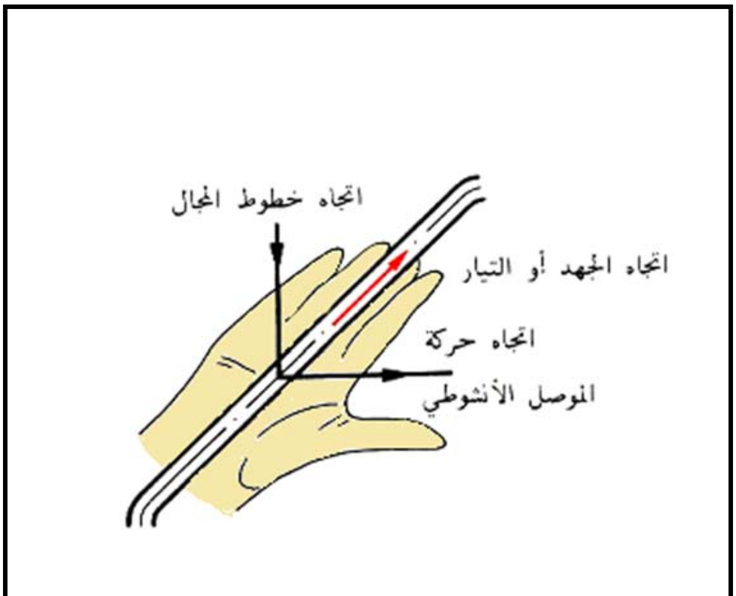
هذا ويمكن تفسير توليد الجهد بحث الحركة كما يلي:

عند تحريك الموصل خلال المجال المغناطيسي تتحرك الإلكترونيات الحرة الموجودة في الموصل أيضاً وبذلك تنحرف الإلكترونات بواسطة المجال المغناطيسي في اتجاه متعامد مع اتجاه حركتها وتتكون على أحد جانبي الموصل زيادة في الإلكترونيات وعلى جانبه الآخر نقص في الإلكترونيات. وبذلك ينشأ جهد بين طرفي الموصل كما في الشكل (٢ -٤):



شكل ٢ -٤

في الحياة العملية غالباً ما يؤخذ فرق الجهد من ملفات موصلة متحركة داخل مجال مغناطيسي كما هو الحال في المولدات الكهربائية وليس من موصل واحد ، حيث ينشأ جهداً بين أطراف الملف بسبب حركته داخل المجال المغناطيسي مما يسبب تغير في التدفق المغناطيسي المحيط بالملفات وبذلك يتولد جهد بين أطرافه ويمكن تحديد اتجاه التيار أو الجهد الناشيء في الملف عن طريق قاعدة اليد اليمنى كما في الشكل (٢ -٥).

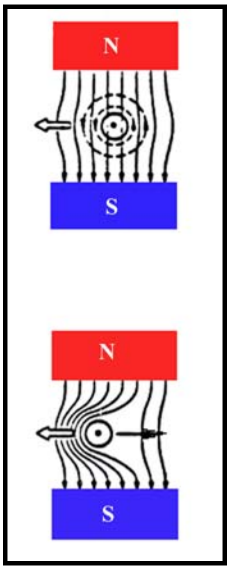


شكل ٢ -٥

قاعدة لينز:

يكون التيار الناشئ في موصل مغلق من خلال الجهد المستحث في الموصل متجهاً دائماً بحيث يعيق المسببات التي أدت إلى نشوءه.

ويمكن تطبيق هذه القاعدة على حث الحركة أيضاً حيث إن حركة الموصل (المسبب) خلال مجال مغناطيسي ينتج عنها حث جهد في الموصل وينتج عنه تيار حيث ينتج عن هذا التيار مجال مغناطيسي حول الموصل و يتألف (يتراكب) مع المجال الأساسي الموجود بين الأقطاب مما يسبب في محاولة منع الموصل من الحركة. كما هو موضح في الشكل (٢ -٦):



شكل ٢ -٦

التيار المتردد :

هو تيار متغير القيمة والاتجاه من لحظة إلى أخرى.

الجهد المتردد :

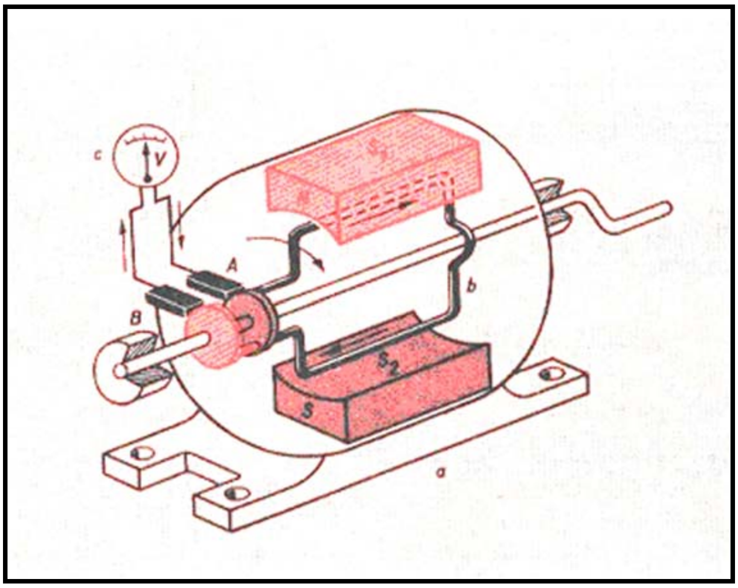
هو جهد متغير القيمة والاتجاه من لحظة إلى أخرى.

كيفية الحصول على الجهد أو التيار المتردد :

لاحظنا عند توليد الجهد بالحث الحركي إنه عند تحريك موصل في مجال مغناطيسي بحيث يقطع خطوط المجال المغناطيسي فإنه يستحث جهداً كهربائياً بين أطرافه ويعتمد هذا الجهد كما لاحظنا أيضاً على عدة عوامل منها طول السلك وسرعته وكثافة المجال المغناطيسي وكذلك زاوية القطع بين خطوط المجال وحركة الموصل.

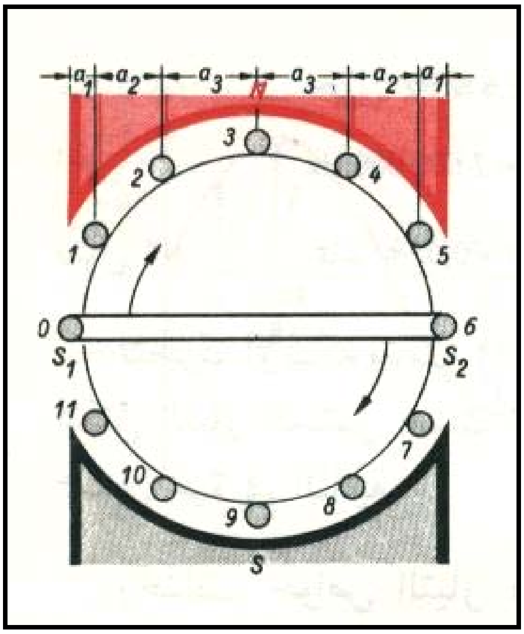
ويمكن استخدام هذا المبدأ للحصول على جهود ولكن باستعمال ملف متحرك داخل أقطاب مغناطيسية ثابتة قد تكون مغناطيسات دائمة أو مغناطيسات كهربائية.

ولدراسة ذلك نفرض وجود ملف يتكون من لفة واحدة يتحرك داخل قطبين مغناطيسيين كما في الشكل (٢ -٧):



شكل ٢ -٧

عندما تتبع حركة الملف داخل الأقطاب المغناطيسية فإن جهداً يستحث في ضلعي الموصل S1 , S2 وتبعاً لقانون لنز يجب أن يكون اتجاه الجهد بحيث يشترك المجال المغناطيسي الحلقي المتولد بسبب هذا الجهد مع المجال الرئيسي ، في محاولة لإعاقة حركة الموصل، لذلك يكون الجهد على ضلعي الملف متعاكسين ولما كان الضلعان للملف متصلين بالتوالي لذلك فإن الجهد الكلي يكون ضعف الجهد على أحد الضلعين. ولمعرفة مقدار الجهد المستحث في ضلعي الملف نتتبع وضعهما اللحظي كما في الشكل (٢ -٨):



شكل ٢ -٨

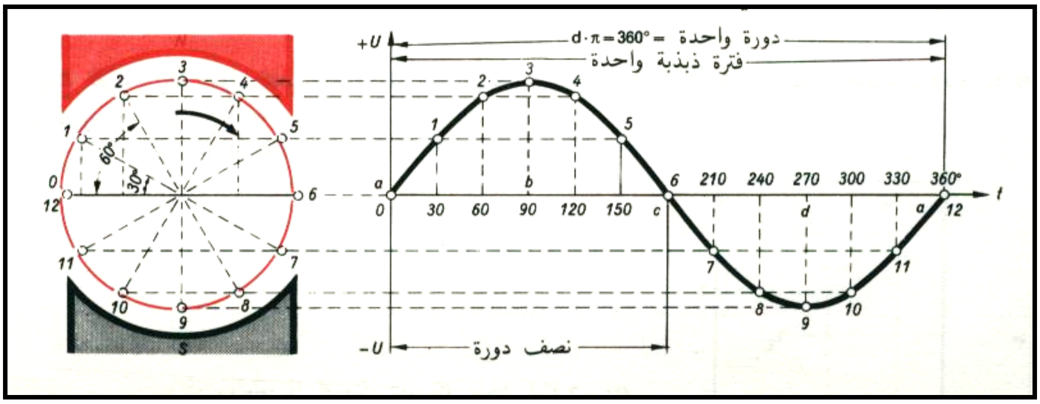
في اللحظة (6,0) يتحرك كلا الموصلين في اتجاه المجال وبذلك لا تقطع خطوط المجال ويكون الجهد المستحث في هذه الحالة مساوياً للصفر.

في اللحظة (7,1) أي بعد $30°$ أو $\frac{1}{600}$ من الثانية فإن عرض منطقة المجال المقطوعة يكون a_1 وبذلك يستحث جهد يتناسب مع هذه المنطقة المقطوعة.

في اللحظة (8,2) تزداد عرض منطقة المجال المقطوعة a_2 وبذلك يزداد الجهد المستحث.

في اللحظة (9,3) يزداد عرض المنطقة المقطوعة وهي a_3 ويزداد تبعاً لذلك الجهد المستحث وتكون حركة الموصل عمودية على اتجاه المجال وبذلك يكون الجهد المستحث أعلى ما يمكن وبالتالي أعلى شدة تيار.

وإذا تتبعنا حركة الملف حيث يأخذ الموصل S_1 الوضع 6 والموصل S_2 الوضع 0نجد أنه يقطع في كل لحظة مقادير مختلفة من المجال وبذلك تتغير قيمة الجهد المستحث في كل لحظة. وإذا أدير الملف في نفس الاتجاه نصف دورة أخرى فإن العملية تتكرر مع ملاحظة أن الموصل S_1 يتحرك تحت القطب الجنوبي ويتحرك الموصل الآخر S_2 تحت القطب الشمالي وتكون الجهود المستحثة حينئذ مساوية في المقدار للأوضاع المناظرة في النصف الأول من الدورة ومعاكسة لها في الاتجاه. وعند رسم المسافة المقطوعة في الدورة الكاملة للملف (محيط الدائرة) كخط أفقي والجهود المتولدة في الأوضاع المختلفة كمسافات رأسية فإننا نحصل على منحنى يبين الشكل الجيبي للجهد المتردد كما في الشكل (٢ -٩).



الشكل ٢ -٩

الكميات الأساسية للجهد المتردد:

يوصف عادة الجهد المتردد بكميات مختلفة أهمها ما يلي:

الدورة (اتساع الذبذبة):

يعرف تغير الجهد بين الزاوية 0° – 180° بنصف الدورة الموجب وتغيره 180° -360° بالنصف السالب وتتكون الدورة من النصف الموجب والنصف السالب. (أنظر الشكل السابق).

الزمن الدوري:

وهو الزمن اللازم لاتمام دورة كاملة ويرمز له بالرمز (T) ويقاس بالثواني.

التردد:

هو عدد الدورات التي يكملها الجهد المتردد في الثانية الواحدة ويرمز له بالرمز (f) ويقاس بوحدة تسمى الهيرتز Hz ويساوي الهيرتز تردد عملية دورية زمنها الدوري ثانية واحدة وتستخدم في الحياة العملية مضاعفات لوحدة الهيرتز منها

$$KHz = 1000\ Hz \quad , \quad MHz = 10^6\ Hz$$

هذا وتوجد علاقة بين التردد (f) والزمن الدوري (T) وهي

$$T = \frac{1}{f} \quad , \quad f = \frac{1}{T}$$

هذا وتعتمد الخواص المصاحبة للتيار المتردد كثيراً على تردده. حيث تعرف الترددات من 100 Hz إلى 1Hz بالتردد المنخفض والترددات أعلى من 20KHz بالتردد العالي ويستخدم لأغراض الإنارة تردد 60Hz , 50Hz وفي السكك الحديدية $Hz16\times\frac{2}{3}$

التردد الزاوي (ω) :

عبارة عن مقدار الزاوية المقطوعة في الثانية الواحدة ويحسب التردد الزاوي من العلاقة التالية:

$$\omega = 2\times \pi \times f$$

يقاس التردد الزاوي بوحدة rad/s زاوية نصف قطرية لكل ثانية واحدة.

القيمة العظمى (Umax):

وهي أعلى قيمة يصل إليها الجهد المتردد وتقاس بواسطة راسم الذبذبات ولهذه القيمة أهمية خاصة عند اختيار مقاومة العزل للملفات وكذلك جهد الانهيار للمكثفات ولأشباه الموصلات.

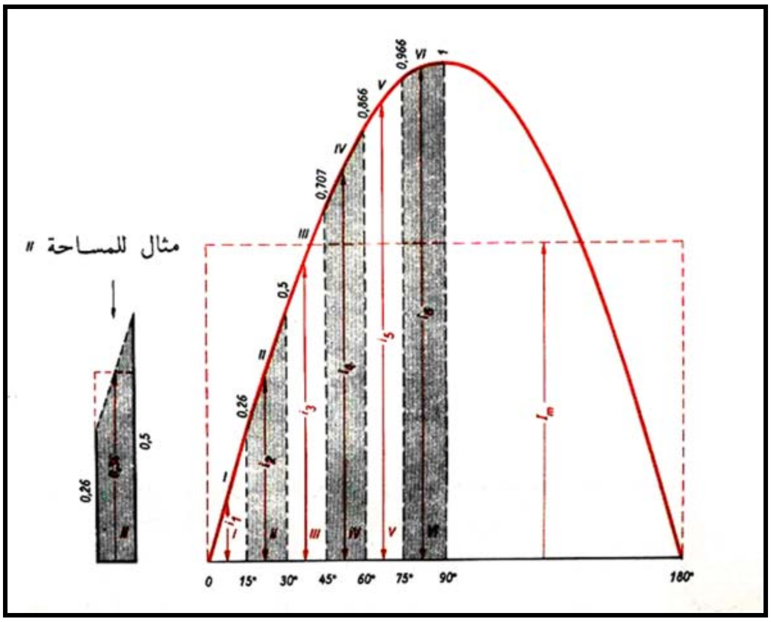
القيمة اللحظية Ut:

وهي مقدار الجهد المستحث عند أي لحظة وعادة تعرف اللحظات بموقع الملف أو بالزمن ويعطي الجهد الخطي من العلاقة:

$$Ut = Umax \times Sin\ \phi$$

القيمة المتوسطة (Um):

القيمة المتوسطة الحسابية لدورة كاملة لتيار متردد تساوي صفر لأن القيمة الموجبة في نصف موجة تساوي القيمة السالبة المناظرة لها في النصف الآخر. لذلك تحسب القيمة المتوسطة للموجة الجيبية (الجهد المتردد) عادة على نصف موجة كما في الشكل (٢ -١٠):



شكل ٢ -١٠

ولايجاد القيمة المتوسطة التقريبية يقسم ربع الموجة إلى ستة مساحات ثم نجد القيمة المتوسطة لارتفاعات هذه المساحات ثم نقسم مجموع متوسط الارتفاعات على عددها كما هو موضح أعلاه.

مما سبق نستنتج أن القيمة المتوسطة (Um) للموجة الجيبية (الجهد المتردد) تحسب من العلاقة التالية:

$$Um = 0.633 \times Umax$$

وللقيمة المتوسطة أهمية في تقدير قيم التيار المستمر في دوائر تقويم التيار المتردد كذلك لها أهمية خاصة في عمليات الترسيب الكيميائي.

القيمة الفعالة (Ueff):

تتساوى الحرارة المتولدة في مدفأة سواء وصلت بالتيار المستمر أم التردد حيث يعتمد مقدار الحرارة المتولدة على مربع التيار. لذلك إذا تم تربيع جميع القيم اللحظية للمنحنى الجيبي ومن ثم نحسب الارتفاعات المتوسطة. وبجمع هذه القيمة وأخذ جذرها التربيعي نحصل على القيمة الفعالة للتيار المتردد. لذلك تسمى القيمة الفعالة أيضاً جذر متوسط مجموع المربعات (r.m.s.) وتحسب القيمة الفعالة من العلاقة التالية:

$$U_{eff} = 0.707 \times U_{max}$$

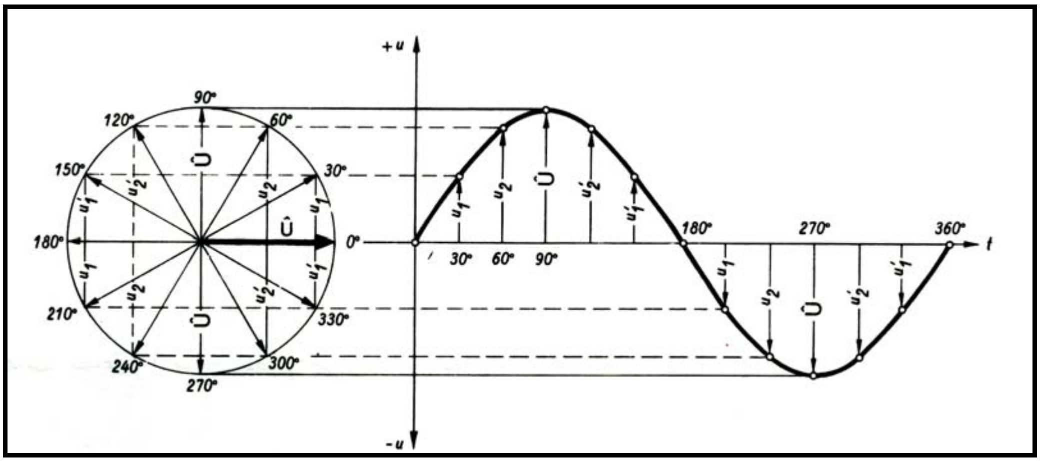
ملاحظة:

تكون القيمة الفعالة لتيار متردد مقدارها 1 أمبير إذا أنتج نفس التأثير الحراري الذي ينتجه تيار مستمر شدته 1 أمبير في سلك مقاومة تحت نفس الظروف.

تقاس القيمة الفعالة للتيار المتردد بأجهزة القياس العادية وعادة تعطي القيمة الأسمية للمعدات والأجهزة بالقيم الفعالة لتيار التشغيل.

تمثيل الكمية المترددة بالمتجهات:

من الصعوبة بمكان تمثيل مجموعة كبيرة من الكميات المترددة ذات التغير الجيبي مع الزمن. وخاصة إذا وجد هناك نوع من الإزاحة الطورية بينهما. لذلك تمثل الموجات الجيبية عادة بالمتجهات كما في الشكل (٢ -١١):



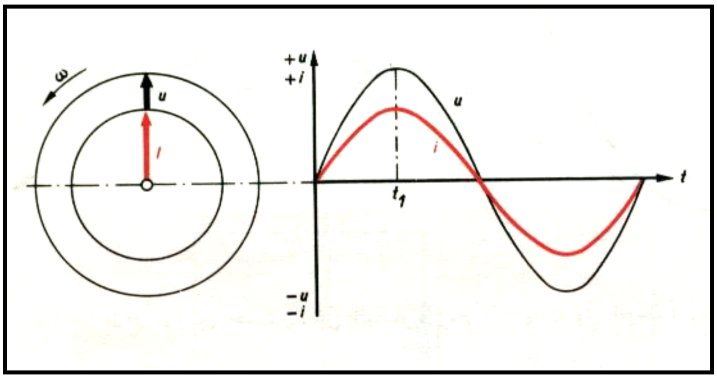
شكل ٢ -١١

نلاحظ من الشكل السابق بإدارة متجه قيمة Umax بسرعة ثابتة عكس عقارب الساعة دورة كاملة وتسجيل طوله الظاهري على فترات (°30) على التوالي فإننا نحصل على منحنى جيبي للجهد بقيمة عظمى تساوي Umax.

مخطط المتجهات:

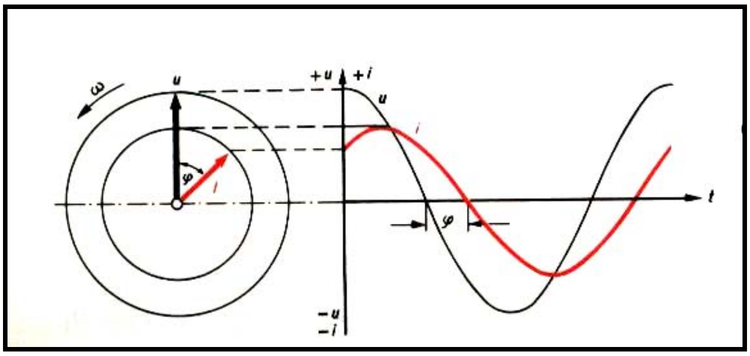
لاحظنا فيما سبق أنه يمكن تمثيل الموجة الجيبية بمتجه يدور بسرعة ثابتة ولكن في حالة تمثيل أكثر من موجة جيبية نحصل على ما يسمى بمخطط المتجهات كما هو الحال في الأشكال التالية:

أ - **موجتان متوافقتان في الطور**: تسمى الموجتان متحدتان في الطور (متوافقتان) إذا كانتا تصلان القيمة العظمى والصفر والصغرى في آن واحد كما في الشكل (٢ -١٢).



شكل ٢ -١٢

ب - **موجتان بينهما زاوية إزاحة (ϕ)**: تعرف زاوية الإزاحة بأنها الزاوية المحصورة بين بداية موجتين جيبيتين لهما نفس التردد. يرمز لزاوية الازاحة بالرمز (ϕ). الشكل التالي يبين موجتين U , I بينهما زاوية إزاحة مقدارها (ϕ) وذلك بتمثيل موجي واتجاهي كما في الشكل (٢ -١٣).



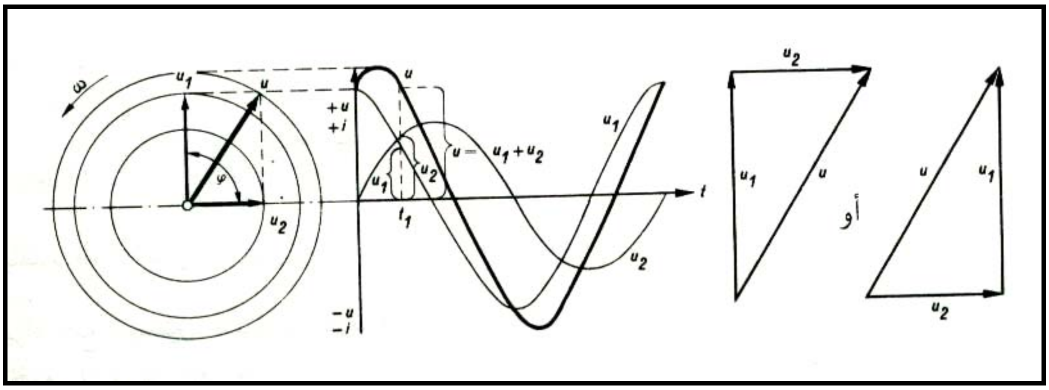
شكل ٢ -١٣

يقال في هذه الحالة إن موجة التيار I تأخرة عن موجة الجهد U بزاوية مقدارها (ϕ) أو أن الجهد يتقدم عن التيار بزاوية مقدارها (ϕ).

جمع الموجات الجيبية:

لجمع ذبذبتين جيبيتين U1 , U2 بينهما زاوية إزاحة (ϕ) تجمع القيمة اللحظية U1 + U2 في كل لحظة (t) . أما في حالة مخطط المتجهات فإننا نحصل على مقدار واتجاه المحصلة U بتكوين متوازي الأضلاع ووصل القطر. كما يكفي أيضاً رسم نصف متوازي الأضلاع أي المثلث الذي يضم U1 , U2 , U .

الشكل (٢ -١٤) يوضح طريقة جمع موجتين جيبيتين وذلك باستعمال الموجات والمتجهات.



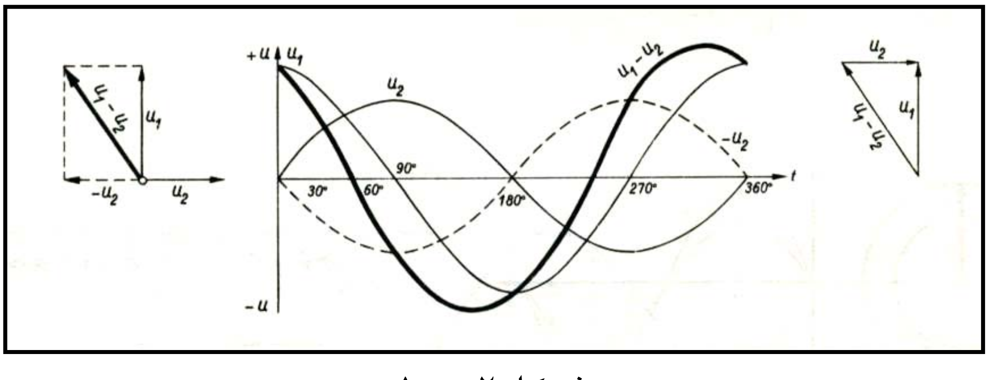
شكل ٢ -١٤

طرح الموجات الجيبية:

عند طرح ذبذبة الجهد U2 من ذبذبة الجهد U1 ترسم الصورة المعكوسة لموجة الجهد U2 وتسمى (-U2) وتجمع القيمة اللحظية U1 , U2 - عند كل لحظة كما سبق.

أما في مخطط المتجهات فإننا نطرح المتجه U2 من U1 وذلك برسم المتجه U2 في اتجاه عكسي (U2-) وتركيبه للحصول على متوازي أضلاع القوى.

الشكل (٢ -١٥) يوضح ذلك:

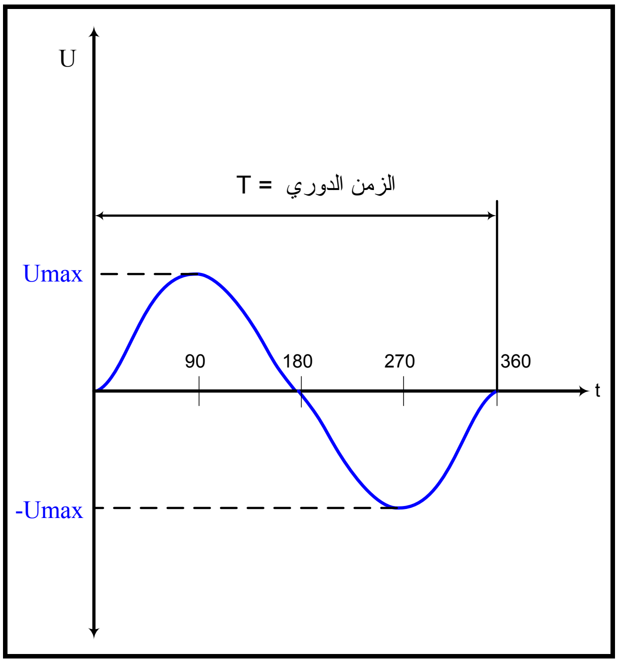


شكل ٢ -١٥

أمثلة ومسائل

الكميات الخاصة بالجهد الجيبي :

الشكل التالي(٢ -١٦) يوضح الموجة الجيبية للجهد المتردد والكميات الخاصة بها:



شكل ٢ -١٦

أ - الزمن الدوري (T) : هو الزمن اللازم لاتمام دوره واحده.

ب - التردد (f) : هو عدد الدورات في الثانية الواحدة (Hz).

العلاقة بين التردد والزمن الدوري :

$$T = \frac{1}{f} \quad , \quad f = \frac{1}{T}$$

ج - القيمة العظمى للجهد (U max) : وهي أعلى قيمة يصل إليها الجهد المتردد خلال الدورة.

د - القيمة اللحظيه للجهد (U t) : وهي قيمة الجهد عند لحظة معينة (θ) وتحسب من العلاقة:

$$U\,t = U\,max \times \sin\theta$$

ه - التردد الزاوي (ω) : مقدار الزاوية المقطوعة في الثانية الواحدة بالتقدير الدائري ويحسب من العلاقة:

$$\omega = 2 \times \Pi \times f \qquad r/s$$

و - القيمة المتوسطة (U m):

$$U\,m = 0.633 \times U\,max$$

ز - القيمة الفعالة (U eff):

$$U\,eff = 0707 \times U\,max$$

ح - العلاقة بين التردد وعدد أزواج الأقطاب والسرعة:

$$f = \frac{n \times p}{60}$$

f : التردد (Hz)

P : عدد أزواج الأقطاب

n : السرعة (r.p.m)

مثال (١) :

مولد تيار متردد ذو أربعة أقطاب ويدور بسرعة 1500 دورة في الدقيقة احسب:

١ - التردد ٢ - التردد الزاوي ٣ - الزمن الدوري

المعطيات:

p = 2 ; n = 1500 r.pm

المطلوب:

$T - \omega - f$

الحل :

p = 2 , n = 1500 r.pm

1- $f = \frac{n \times p}{60}$

$= \frac{1500 \times 2}{60} = 50$ Hz

2- $\omega = 2 \times \pi \times f$

$= 2 \times 3{,}14 \times 50$

$= 314$ r / s

3- $T = \frac{1}{f}$

$= \frac{1}{50} = 0{,}02$ s

مثال (٢) :

إذا بلغ الزمن الدوري لجهد متردد 0,02 s وكانت قيمته العظمى 10V احسب :

١ - التردد ٢ - قيمة الجهد عند 30^O

المعطيات:

T = 0,02 s ; U = 10 v

المطلوب:

U at 30° – *f*

الحل :

$$1- \quad f = \frac{1}{T}$$

$$= \frac{1}{0,02} = 50Hz$$

$$2- \; Ut = Umax \times \sin \theta$$

$$= 10 \times \sin 30^O$$

$$= 5 \text{ v}$$

مثال (٣) :

الشكل التالي يمثل موجة جهد متردد من الشكل احسب ما يلي:

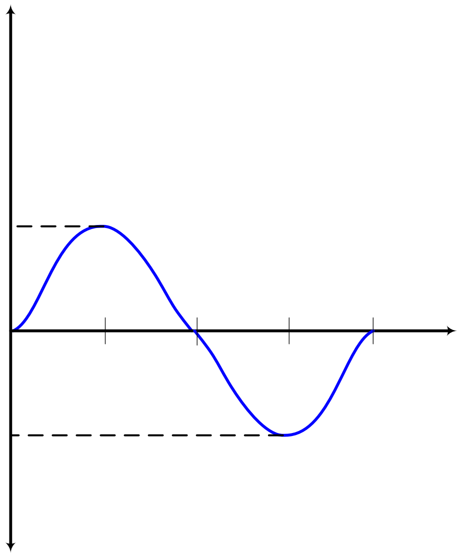
أ - الزمن الدوري.

ب - التردد والتردد الزاوي

ج - القيمة الفعالة للجهد.

د - القيمة المتوسطة للجهد

ه - الجهد عند 180^o , 120^o , 60^o



المعطيات:

Umax = 100v ; T = 0,02s

المطلوب:

$U \;\; at \;\; (60° - 120° - 180°) \;-\; Uav \;-\; Ueff \;-\; \omega \;-\; T$

الحل :

1- T = 0,02 s

2- $f = \frac{1}{T}$

$= \frac{1}{0,02} = 50Hz$

$\omega = 2 \times \pi \times f$

$= 2 \times 3,14 \times 50 = 314 \ r/s$

3- $Ueff = 0,707 \times Umax$

$= 0,707 \times 100 = 70,7v$

4- $Um = 0,633 \times Umax$

$= 0,633 \times 100 = 63,3 \ V$

5- $Ut = Umax \times \sin \theta$

$\theta = 60^o \qquad Ut = 100 \times \sin 60^o$

$= 100 \times 0.866 = 86,6V$

$\theta = 180^o : Ut = 100 \times \sin 180^o = 0 \ V$

100

-100

$\theta = 120^o : Ut = 100 \times \sin 120^o = 86,6\ V$

مثال (٤) :

ما هي القيمة التي يبينها الأمبير متر إذا سرى تيار تبلغ قيمته العظمى 10A في مقاومة مقدارها 10 Ω ثم احسب القيمة الفعالة للجهد بين طرفي المقاومة وكذلك القدرة المتحولة إلى حرارة.

المعطيات:

$Imax = 10A \quad ; \quad R = 10\Omega$

المطلوب:

$P \; - \; Ueff$

الحل :

$$I_{eff} = 0.707 \times I_{max}$$
$$= 0.707 \times 10 = 7,07\ A$$
$$U_{eff} = I_{eff} \times R$$
$$= 7,07 \times 10 = 70,7\ V$$
$$P = U_{eff} \times I_{eff}$$
$$= 70,7 \times 7,07 = 500\ W$$

مثال (٥) :

ما مقدار أعلى جهد تتحمله عزل ملفات تيار متردد إذا بلغت قيمة الجهد الفعال 600V.

المعطيات:

$Ueff = 600v$

المطلوب:

$U\ max$

الحل :

$$U\ max = \frac{Ueff}{0,707}$$
$$= \frac{600}{0,707} = 848,6V$$

اختبر معلوماتك

١ -أذكر نص قاعدة لنز ؟

٢ -عرف التيار المتردد والجهد المتردد ؟

٣ -اشرح مع الرسم تكوين موجة الجهد المتردد بتوليد الجهد ؟

٤ -عرف الكميات التالية مع ذكر الرموز الرياضية لها :

أ - الدورة

ب - الزمن الدوري

ج - التردد الزاوي

د - القيمة العظمى

ه -القيمة المتوسطه

و - القيمة الفعالة

ز - القيمة الحظيه

٥ -وضح بالرسم تمثيل الكمية المترددة بالمتجهات .

٦ -وضح بالرسم :

أ - موجتان متوافقتان في الطور .

ب - موجتان بينهما إزاحة φ

ج - جمع الموجات الجيبية

د - طرح الموجات الجيبية

٧ - احسب عدد أزواج الأقطاب التي يجب أن يحويها مولد تيار متردد إذا لزم توليد جهد تردده 100HZ عند سرعة دوران 1000r.p.m

٨ - إذا بلغ التردد الزاوي لجهد متردد 314 r/s احسب ما يلي:

أ - التردد (f)

ب - الزمن الدوري (T)

٩ - يقاوم عزل مكثف جهود حتى 1000V احسب أعلى قيمه للجهد الفعال؟

١٠ - تسحب مقاومة تسخين قدرة مقدارها 1100W عند تحميلها بتيار مستمر 5A . احسب القيمة العظمى للتيار المتردد الذي يؤثر بنفس القدرة المستهلكة في المقاومة؟

١١ - إذا بلغت القيمة العظمى لجهد جيبي متردد 10V وكان التردد 50HZ:

أ - ارسم الشكل الموجي للجهد موضحاً عليه الزمن الدوري والقيم العظمى؟

ب - احسب القيمة الفعالة؟

ج - احسب القيمة المتوسطة للجهد؟

١٢ - إذا بلغت قيمة الجهد عند الزاوية °60 مقدار 20v أحسب:

أ - القيمة العظمى للجهد (U_{max}).

ب - القيمة الفعالة للجهد (U_{eff}).

ج - القيمة المتوسطة للجهد (U_{eff}).

١٣ - مولد تيار متردد ذو ستة أقطاب ويدور بسرعة (400) دورة في الدقيقة الواحدة احسب ما يلي:

أ - التردد (f).

ب - الزمن الزاوي (T).

ج - التردد الزاوي (ω)

المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

مبادئ التيار المتردد

دوائر التيار المتردد البسيطة (آحادية الوجه)

دوائر التيار المتردد البسيطة (آحادية الوجه)

٣

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة : مـــعرفة المواضيع التالية :

- سلوك التيار والجهد والقدرة في دائرة تحتوي على مقاومة مادية فقط.
- سلوك التيار والجهد والقدرة في دائرة تحتوي على ملف (ممانعة حثية).
- سلوك التيار والجهد والقدرة في دائرة تحتوي على مكثف (ممانعة سعوية).
- امثلة ومسائل.

الأهداف :

عندما تكمل هذه الوحدة يكون لدى الطالب القدرة على :

١. أن يعرف ما يحصل للجهد والتيار والقدرة في حالة توصيل مقاومة مادية فقط.
٢. أن يعرف ما يحصل للجهد والتيار والقدرة في حالة توصيل مقاومة ملف فقط.
٣. أن يعرف ما يحصل للجهد والتيار والقدرة في حالة توصيل مقاومة مكثف فقط.
٤. أن يحل بعض التمارين الخاصة بسلوك التيار والجهد والقدرة في الحالات السابقة.

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل الطالب إلى إتقان الجدارة بنسبة ٨٥٪ .

الوقت المتوقع للتدريب : ٨ ساعات .

الوسائل المساعدة :

- جهاز العرض العلوي لعرض الصور .
- نماذج .

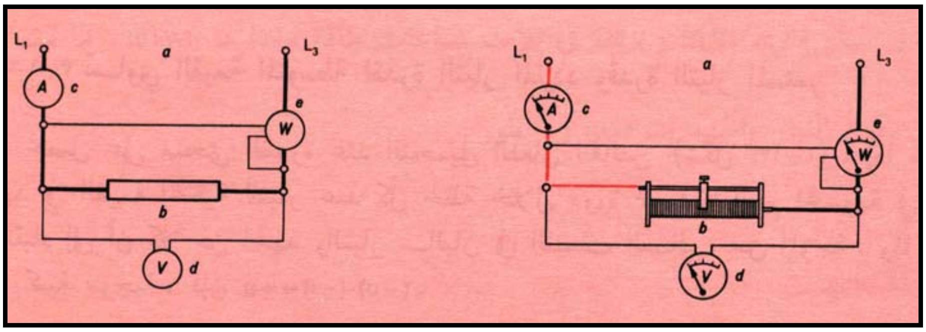
متطلبات الجدارة :

يجب معرفة ما سبق دراسته في الوحدة الثانية.

المقاومة الفعالة (المادية) في دوائر التيار المتردد :

المقاومة المادية هي المقاومة التي لا تسبب إزاحة في الطور بين الجهد والتيار المترددين مثل المقاومات الأومية (الخطية) ومقاومات التسخين والملفات الملفوفة بسلك مزدوج وكذلك المصابيح.

تجربة: سلوك التيار والجهد في حالة المقاومة المادية:



شكل ٣ -١

التجهيزات:

١ - منبع جهد 220V تردده 50 Hz ومنبع جهد مستمر 220V.

٢ - مقاومة $R = 110\ \Omega$

٣ - أمبيروميتر لقياس التيار المستمر والتيار المتردد.

٤ - فولتميتر لقياس الجهد المستمر والجهد المتردد.

٥ - واتميتر.

العمل:

١ - وصل المقاومة بالتيار المستمر ودون القراءات U , P , I.

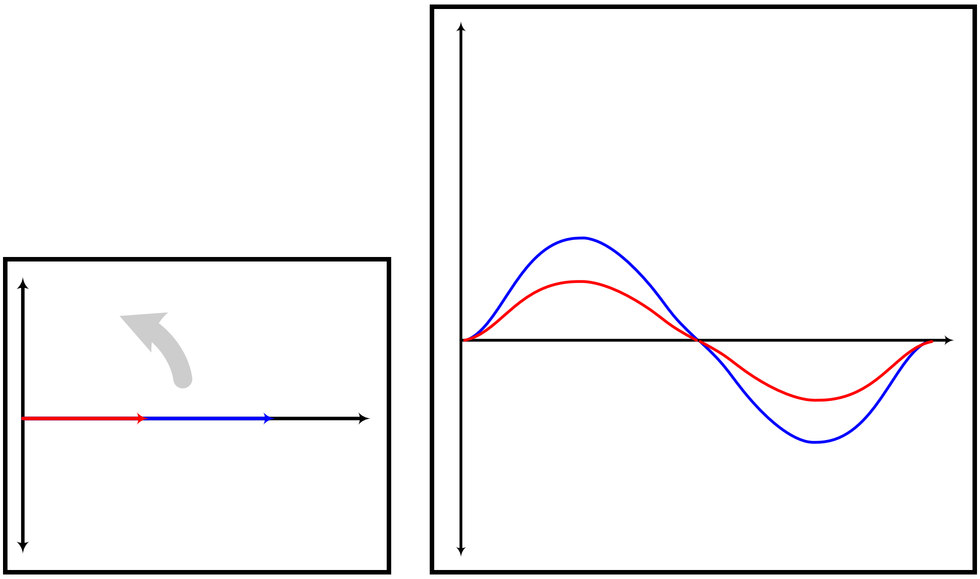
٢ - وصل المقاومة بالتيار المتردد ودون القراءات U , P , I.

القراءات:

	P (W)	U (V)	I (A)
التيار المتردد	440	220	2
التيار المستمر	440	220	2

النتيجة:

تتفق القراءات في أجهزة القياس في حالتي الجهد المستمر والمتردد. من ذلك نستنتج أيضاً أن الجهد المتردد يدفع تياراً متردداً خلال المقاومة الفعالة يمكن حسابه بواسطة قانون أوم حيث تتحول الطاقة إلى حرارة. ويمكن رؤية منحنيات الجهد والتيار بواسطة راسم الذبذبات في حالة وجود مقاومة فعالة كما في الشكل التالي. وتظهر بجواره ممثلة بواسطة المتجهات كما في الشكل(٣ -٢).

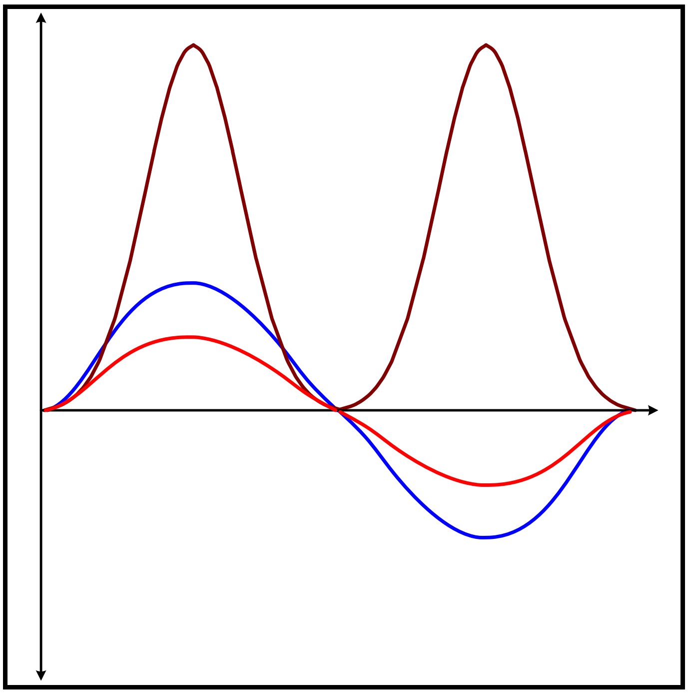


شكل ٣ -٢

من الأشكال السابقة نلاحظ أن الجهد والتيار متحدان في الطور في حالة المقاومة الفعالة. أي أن زاوية الإزاحة بينهما صفر ($\varphi = 0$).

القدرة المستهلكة في حالة المقاومة الفعالة:

نحصل على منحنى القدرة في حالة التحميل الفعال وذلك بضرب القيم اللحظية للجهد في قيمة التيار اللحظية عند كل لحظة. ومن ذلك نحصل على الشكل التالي والذي يبين منحنى الجهد والتيار والقدرة في حالة المقاومة الفعالة.



P
U
I

شكل ٣ -٤

من الشكل السابق نلاحظ أن هناك حرارة متولدة في المقاومة الفعالة بغض النظر عن اتجاه التيار. ويقرأ جهاز الواطميتر حاصل ضرب القيمة الفعالة للجهد في القيمة الفعالة للتيار.

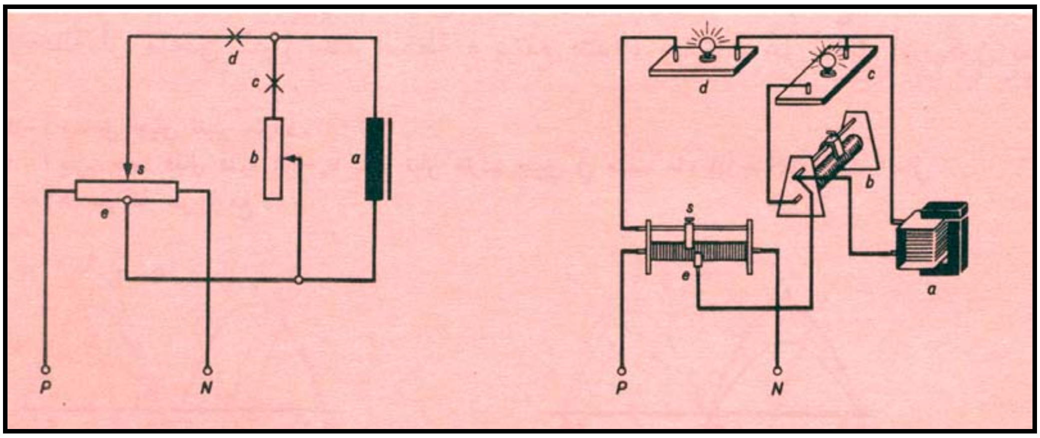
الملف في دوائر التيار المتردد :

إذا ما وجد ملف في دائرة تيارمتردد فإن سلوكه يختلف اختلافاً كلياً عنه في دائرة التيار المستمر وذلك يرجع إلى ما يسمى بالحث الكهربائي السابق ذكره.

تجربة : سلوك الملف في دوائر التيار المتردد.

التجهيزات:

١ - ملف 1200 لفه ذو قلب فولاذي مقفل.
٢ - مقاومة متغيره 100 W .
٣ - مصباح متوهج 3,5V / 0,2A لقياس الجهد.
٤ - مصباح متوهج 3,5V / 0,2A لقياس التيار.
٥ - منبع للجهد مستمر 10V.



شكل ٣ -٥

خطوات العمل:

١ - اضبط المقاومة المتغيره حتى يضيء المصباحان بنفس الشدة.

٢ - ينتج تيار متردد من خلال تحريك المنزلق على المقاومة المتغيرة الأخرى ذهاباً واياباً.

٣ - أبعد حافظة المغناطيس ثم القلب الفولاذي وكرر التجربة.

المشاهده:

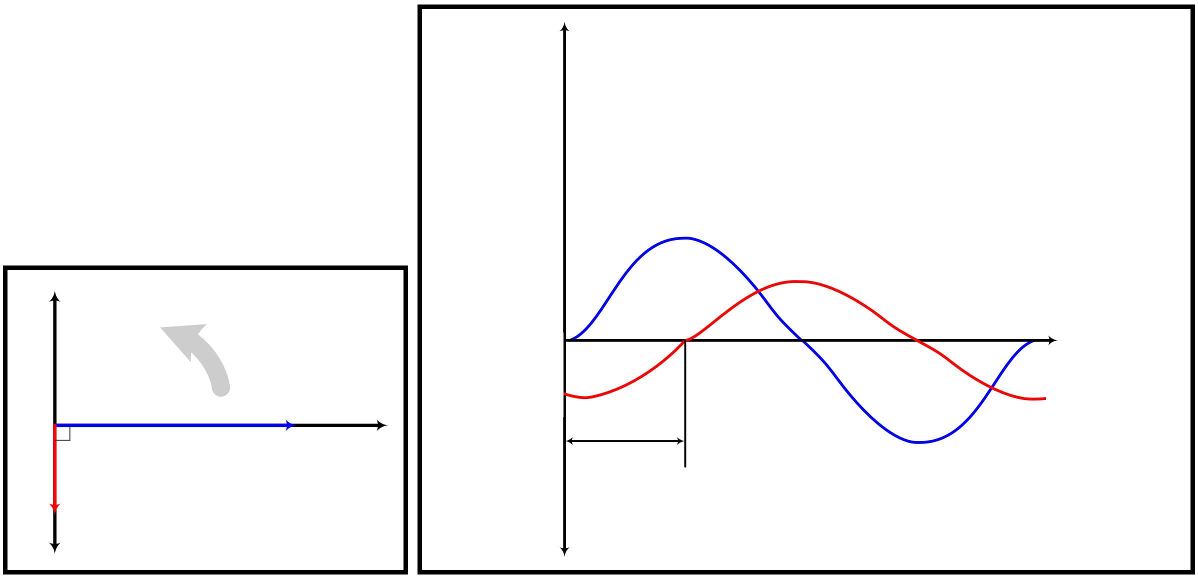
يضيء المصباحان بنفس التردد إلا أن المصباح المستخدم كمقياس للتيار يضيء متأخراً عن المصباح المستخدم كمقياس للجهد.

يقل التخلف في الإضاءة للمصباحين بدون حافظة ويقل إذا ما أبعد القلب الحديدي النتيجة:

يتأخر التيار عن الجهد في الدائرة ذات التحميل الحثي (الملف) ويوجد بين التيار والجهد إزاحة في الزمن. ويزداد التأخر بوجود القلب الفولاذي بما أن لكل ملف مقاومة أوميه (فعالة) ومحاثة لذلك فإن الملف يحتاج نوعين من الجهود هما:

١ - جهد فعال (Ua) للتغلب على المقاومة الفعالة للملف (R).

٢ - جهد يوازن جهد الحث الذاتي للملف (Us) والناتج من التدفق المغناطيسي المتردد وبما أن التدفق المغناطيسي متوافق مع التيار لذلك فإن منحنى التدفق المغناطيسي يرتفع بشدة عند البداية وبناء على ذلك يزداد التغير في الثانية الواحدة أي يزداد الجهد المستحث وعندما يصل التدفق إلى القيمة العظمى يقل التغير ويكون الجهد المستحث يساوي صفراً. وعندما يتناقص التدفق يبدأ الملف يحث جهد ولكن معاكس للاتجاه الأول وهكذا تكون موجة جهد الحث الذاتي مزاحة ربع دورة (90^o) عن موجة التيار. كما هو موضح في الأشكال التالية:



شكل ٣ -٦

من الأشكال السابقة نلاحظ أنه عند توصيل ملف بجهد متردد فإن موجة الجهد الكلي لا يتوافقان في الطور ويتأخر التيار عن الجهد نتيجة لذلك. ولكن مقدار زاوية الإزاحة هذه تعتمد على مقدار المحاثه (L) وكذلك على المقاومة المادية للملف. كما في الحالات التالية:

١ - إذا كان الملف مكون من سلك ثخين ذي مقاومة مادية يمكن إهمالها يكون الجهد على الملف هو الجهد اللازم لموازنة جهد الحث الذاتي ويسمى الجهد المفاعل (Ur) وفي هذه الحالة يكون التيار متأخراً عن الجهد بزاوية مقدارها 90^o.

٢ - ملف له مقاومة فعالة فقط أي بدون حث في هذه الحالة يشبه سلوك المقاومة المادية (الفعالة) وتكون زاوية الإزاحة بين الجهد والتيار مقدارها صفر تقريباً مثل الملفات الملفوفه بسلك مزدوج.

مقاومة الملف للتيار المتردد:

تعتمد قيمة المقاومة الظاهرية للملف على تركيبه والذي يحدده بدوره محاثة الملف حيث إنه كلما زادت المحاثه قل التيار المار في الملف.لذا فإنه عند توصيل جهد متردد على الملف فإن الجهد يرتفع من الصفر إلى القيمة العظمى ويناظر ذلك توصيل الملف في حالة التيار المستمر مما يمنع تيار الملف من الزيادة المفاجأة.

إن الأمر يختلف عند توصيل جهد متردد أو مستمر بين طرفي الملف حيث إننا نجد ظاهرياً أن قيمة مقاومة ترتفع في حالة التيار المتردد حيث يطلق على المقاومة في هذه الحالة اسم (مقاومة ظاهرية) ويرمز لها بالرمز (Z) وتحسب من قانون أوم.

$\phi = 90°$

U

وبناءً على ذلك فإنه في حالة الجهد المتردد فإنه يلزم التغلب على نوعين من المقاومات للملف هما المقاومة الفعالة R ومقاومة أخرى تحدد بواسطة الحث الذاتي L للملف تسمى المفاعلة الحثية (X_L).

وتعتمد المقاومة الحثية (المفاعلة) لملف على عاملين هما:

١ - التردد (f): وتتناسب المقاومة المفاعلة الحثية طردياً مع التردد.

٢ - المحاثة (L): حيث تزداد المقاومة المفاعلة الحثية بزيادة التردد.

المقاومة الحثية تحسب من العلاقة:

$$X_L = 2 \times \pi \times f \times L$$

وعند تمثيل الملف في دوائر التيار المتردد بالمفاعلة الحثية (X_L) يمكننا تطبيق قانون أوم وهو $I=\frac{U}{XL}$ مع الأخذ بعين الاعتبار أن الجهد يتقدم عن التيار بزاوية مقدارها 90^o.

القدرة في حالة التحميل الحثي:

تجربة: قياس القدرة لملف خانق.

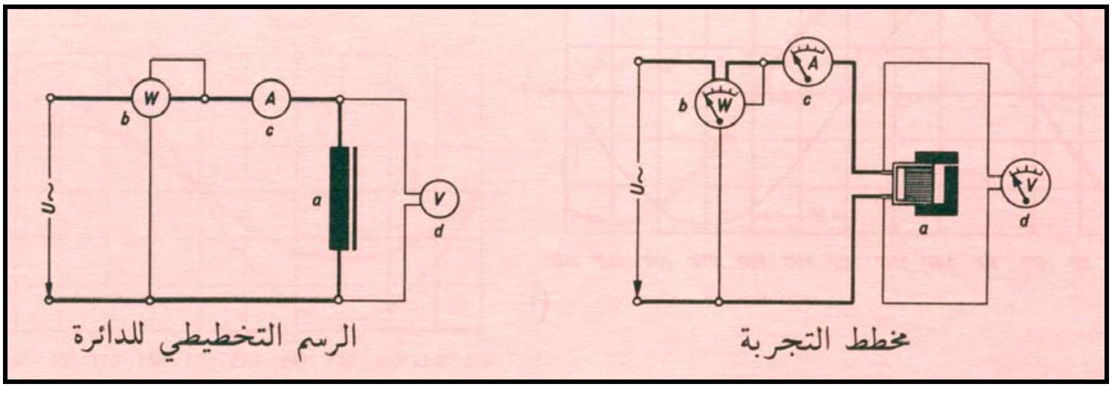
التجهيزات:

١ - منبع جهد متردد 200 فولت.

٢ - ملف خانق.

٣ - واتميتر.

٤ - امبيرميتر وفولتميتر.



شكل ٣ -٧

خطوات العمل:

١ - وصل الدائرة وأجهزة القياس كما في الشكل أعلاه.

٢ - خذ قراءة الأجهزة وسجلها في جدول.

٣ - أوجد حاصل ضرب الجهد في التيار.

القراءات:

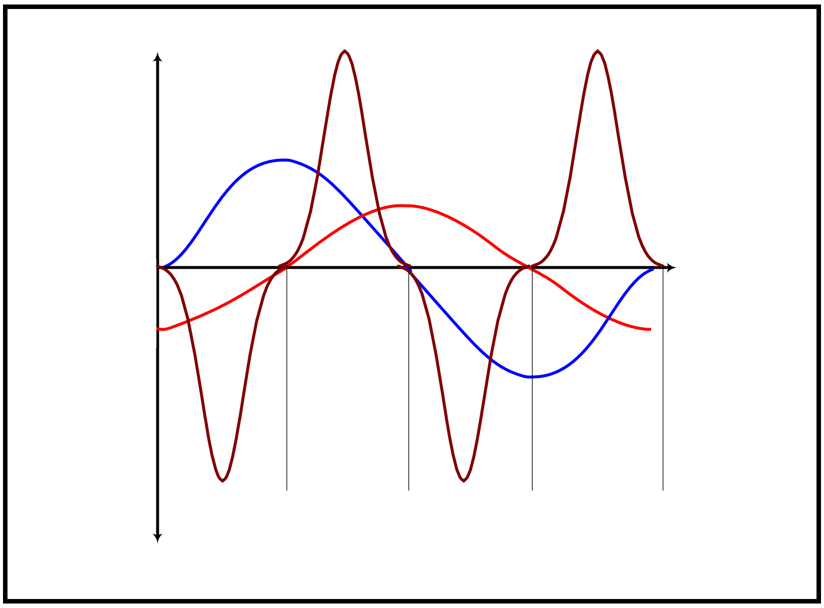
U (V)	I (A)	P (W)	U.I (VA)
100 V	2 A	100 W	200

النتيجة:

يعطي حاصل ضرب الجهد في التيار قيم تختلف عن قراءة الواتميتر كما في حالة المقاومة المادية.

منحنى القدرة مع الزمن في حالة الملف (المثالي):

الشكل التالي يوضح العلاقة بين القدرة المستهلكة في الملف المثالي والزمن والتي هي عبارة عن حاصل ضرب القيم اللحظية للجهد والتيار.



شكل ٣ -٨

من المنحنى السابق نلاحظ أن القيمة المتوسطة للقدرة المستهلكة في الملف المثالي تساوي صفر.

يوجد في حالة الملفات غير المثالية ثلاثة أنواع من القدرات هي:

١ - **القدرة الظاهرية (S)**: إذا ضرب الجهد الكلي في التيار الكلي المار في الملف فإننا نحصل على القدرة التي تبدو وكأنها مستهلكة ظاهرياً في الملف ووحدتها فولت -أمبير (VA) ويرمز لها بالرمز (S) أي أن:

$$S = U . I$$

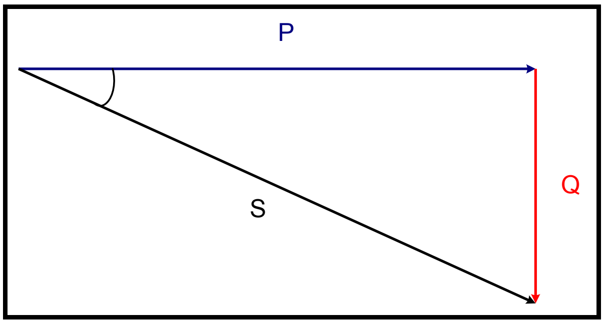
وتلعب القدرة الظاهرية دوراً كبيراً في التطبيق العملي حيث تصمم المحولات المولدات تبعاً لقدرتها الظاهرية.

٢ - **القدرة الفعالة (P)**: هي عبارة عن الجزء الموجب فقط من منحنى القدرة حيث يتم الحصول عليها بطرح السالب من القيمة الموجبة ونحسب القدرة الفعالة بحاصل ضرب الجهد في التيار في جتا زاوية الإزاحة بين الجهد والتيار (φ) وهي القدرة المستهلكة فعلياً في الملف والمتحولة إلى حرارة. ووحدتها (W).

$$\mathbf{P = U . I . Cos\ \varphi}$$

٣ - **القدرة المفاعلة (Q)**: هي عبارة عن القدرة المستهلكة لانتاج المجال المغناطيسي حيث يأخذ الملف شغلاً في الربع الأول لتعطيه في الربع التالي وهكذا تقاس القدرة المفاعلة بوحدة فولت أمبير مفاعل (VAR). وتحسب من العلاقة:

هذا وترتبط القدرات الثلاثة السابقة بمثلث يعرف بمثلث القدرة كما هو موضح في الشكل التالي:



شكل ٣ -٩

ويسمى جيب تمام الزاوية (Cos φφ) بمعامل القدرة في حالة التيار المتردد ويعرف بأنه النسبة بين القدرة الفعالة (P) إلى القدرة الظاهرية (S) أي أن:

$$Cos\ \varphi = \frac{P}{S}$$

المكثف في دوائر التيار المتردد:

يشحن المكثف وتفرغ شحنته باستمرار في دوائر التيار المتردد بعكس التيار المستمر حيث يسمح المكثف بمرور التيار فقط في حالة التوصيل. لذلك عند توصيل المكثف بالجهد المتردد تتوالى عمليات الشحن والتفريغ ويبدو الأمر وكأن المكثف يمرر التيار المتردد.

ويعتمد التيار المار في المكثف على عدة عوامل هي:

١ - سعة المكثف **(C)**: حيث يزداد التيار بزيادة السعة.

٢ - تردد التيار **(f)**: يتناسب التيار طردياً مع التردد.

٣ - الجهد **(U)**: يتناسب التيار طردياً مع الجهد.

مما سبق نستنتج العلاقة التالية للتيار المار في المكثف:

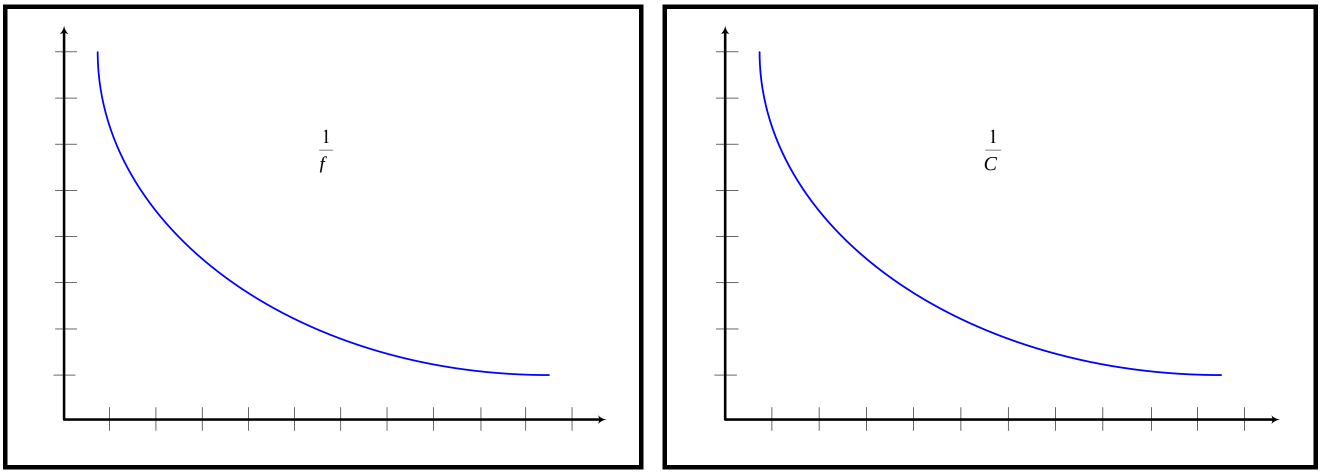
$$I = U \times 2 \times \pi \times f \times C$$

وبمقارنة هذه العلاقة بقانون أوم $(I = U \times G)$ حيث G المواصلة نستنتج أن المواصلة في هذه الحالة هي $(2\times \pi \times f \times C)$ لذلك فمقلوب هذا المقدار عبارة عن مقاومة وتسمى هذه المقاومة بالمفاعلة السعوية.

ويرمز لها بالرمز (Xc) وتحسب من العلاقة التالية:

$$Xc = \frac{1}{2\times\pi\times f\times C}$$

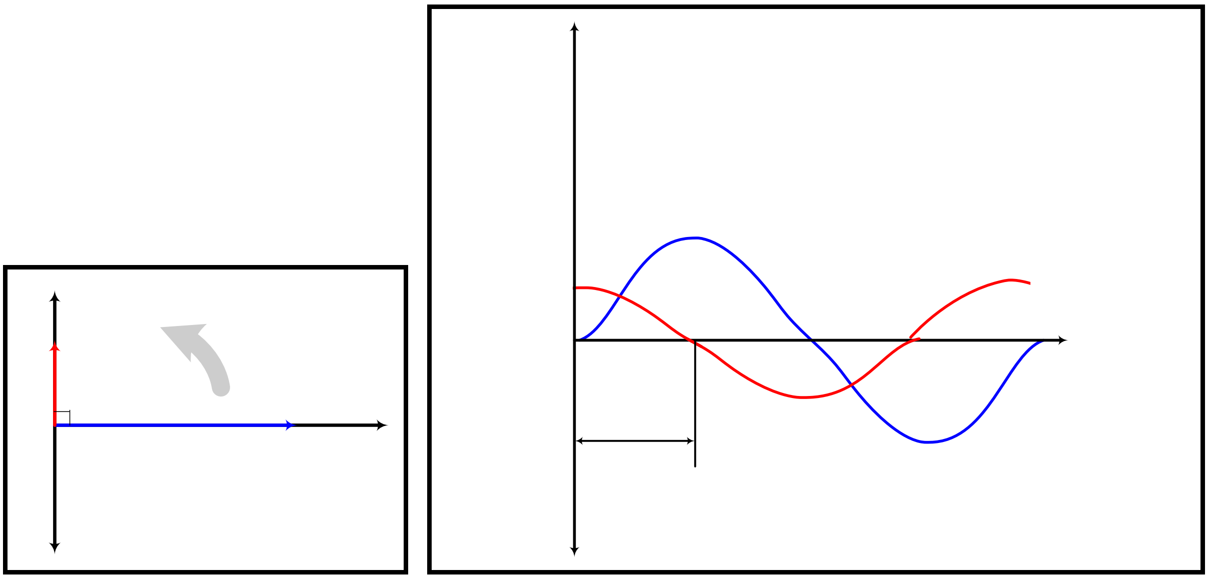
والمنحنيات التالية توضح كيفية تغير المفاعلة السعوية (Xc) مع سعة المكثف وكذلك مع التردد f.



شكل ٣ -١٠

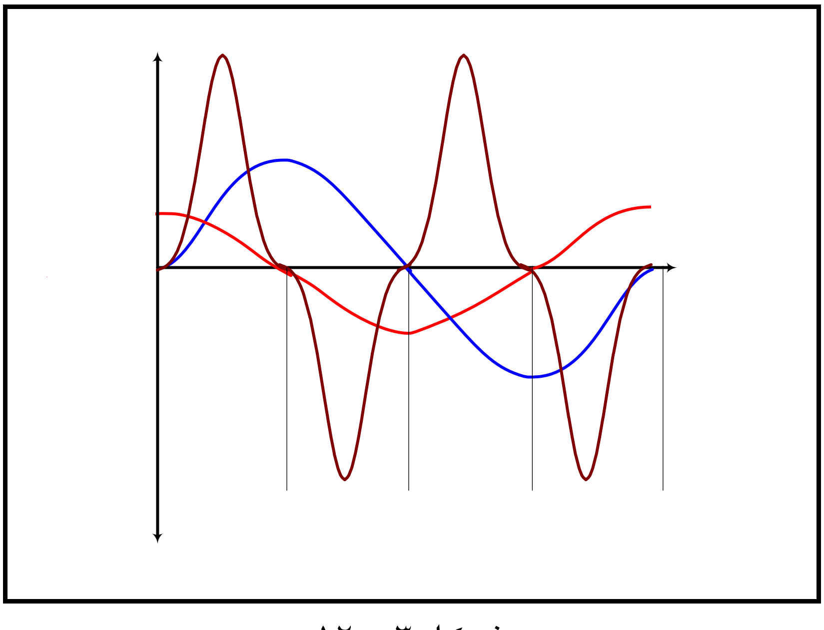
تقدم تيار المكثف عن الجهد:

نلاحظ أن الجهد المتردد U الواقع على المكثف يرتفع في البداية باندفاع كبير ثم يبدأ ببطء ويتبع ارتفاع الجهد هذا تيار شحن عالي القيمة في البداية تقل قيمته بالتدريج كلما قلت سرعة التغير حتى يصل إلى الصفر عند انتهاء الشحن عندما يصل الجهد إلى قيمته العظمى. كما هو موضح في الشكل (٣ -١١).



شكل ٣ -١١

مما سبق نلاحظ أنه في حالة المكثف المثالي يتقدم التيار عن الجهد بزاوية مقدارها 90^{o} وعند رسم القدرة المستهلكة في المكثف بحاصل ضرب القيمة
اللحظية للجهد والتيار تحصل على المنحنى الموضح على الشكل (٣ -١٢).



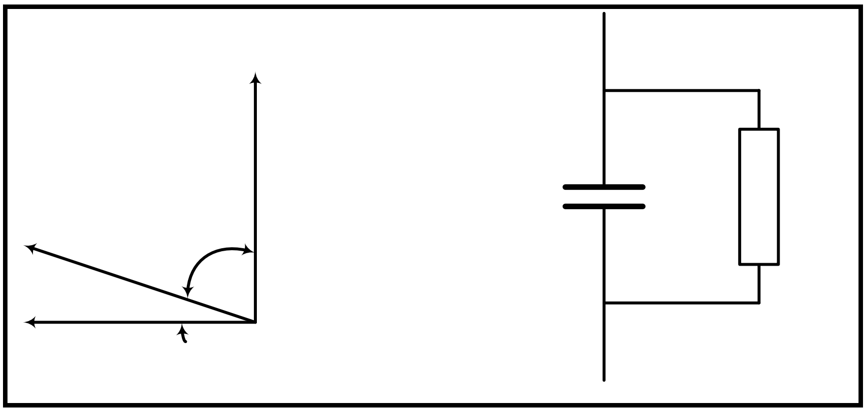
شكل ٣ -١٢

أيضاً نلاحظ أن متوسط القدرة المستهلكة في المكثفات هي صفر حيث أن المكثف يشحن في الربع الأول ويعيد شحنه (تفريغ) في الربع الثاني وهكذا.

المكثف الحقيقي:

المكثف الحقيقي يتسبب في إزاحة بين الجهد والتيار مقدارها 90^o إلا أن ذلك لا يحدث مطلقاً في الحياة العملية والسبب في ذلك مقاومة المادة العازلة الموجودة بين الألواح حيث إنه يلزم إعادة استقطاب المادة العازلة في كل نصف دورة من الجهد مما يسبب في حرارة ترفع حرارة المكثف والتي بدورها هي عبارة عن قدرة مفقودة ناهيك عن القدرة المفقودة في أسلاك التوصيل. وهذه القدرة المفقودة تؤدي إلى أن تكون قيمة زاوية الإزاحة بين الجهد والتيار أقل من 90^o

ويمثل المكثف الحقيقي بمكثف مثالي موصل بالتوازي مع مقاومة R كما في الشكل لتالي:



شكل ٣ -١٣

ويعبر عن الفقد في المكثفات بمعامل يسمى معامل الفقد وهو عبارة عن ظل زاوية الفقد (δ) والتي هي عبارة عن (φ-90) حيث φ الزاوية بين الجهد والتيار المار في المكثف أي أن $\delta = 90-\varphi$ حيث δ– معامل الفقد.

تسبب الخواص السعوية للكبلات والخطوط الهوائية الطويلة متاعب عملية. إذ تؤثر الموصلات كألواح مكثفات. ويمكن أن يصبح تيار الشحن كبيراً في حالة خطوط الجهود العالية لدرجة ألا يصبح التشغيل مضموناً. وهنا يكمن السبب كذلك في عدم اشتراط تحسين معامل القدرة $\cos\varphi$ إلى الواحد الصحيح من قبل هيئات الطاقة الكهربائية.

أمثلة ومسائل

مثال (١) :

وصلت مقاومة مقدارها 20 Ω بجهد متردد قيمته الفعاله 50V وتردده 50HZ احسب:

١ - التيار المار في المقاومة.

٢ - القدرة المستهلكة.

المعطيات:

$R = 20\Omega \quad , \quad U = 50v \quad , \quad f = 50Hz$

المطلوب:

$P \; - \; I$

الحل :

1- $I = \dfrac{U}{R}$

$= \dfrac{50}{20} = 2,5\ A$

2- $P = I^2 \times R$

$= (2.5)^2 \times 20 = 125\ w$

مثال (٢) :

احسب المفاعله الحثيه لملف محاثته 0.3H عند الترددات التالية:

1- 5 Hz 2- 50 Hz 3- 100 Hz 4- 50 KHz

المعطيات:

$L = 0,3H \quad , \quad f = (\ 5Hz \ \ or \ \ 50Hz \ \ or \ \ 100Hz \ \ or \ \ 50KHz\ )$

المطلوب:

XL

الحل :

1- $X_L = 2 \times \pi \times f \times L$

$= 2 \times 3,14 \times 5 \times 0,3$

$= 9,42\ \Omega$

2- $X_L = 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,3$

$= 94,2\ \Omega$

3- $X_L = 2 \times 3,14 \times 100 \times 0,3$

$= 188,4\ \Omega$

4- $X_L = 2 \times 3,14 \times 50000 \times 0,3$

$= 94247\ \Omega$

مثال (٣) :

ملف ذو قلب حديدي مقفل مساحة مقطعة $1500\ mm^2$ وطوله المتوسط 500mm وعدد لفاته 500 لفة احسب محاثة الملف وكذلك المفاعلة الحثية إذا وصل بجهد تردده يساوي 50Hz علماً أن $\mu_o = 3000$.

المعطيات:

$A = 1500 mm^2$, $Lm = 500 mm$, $N = 500 t$, $f = 50 Hz$, $\mu o = 3000$

المطلوب:

$L - XL$

الحل :

$$A = \frac{1500}{1000000} = 1,5 \times 10^{-3}\ m^2$$

$$Lm = \frac{500}{1000} = 0,5\ m$$

$$L = \frac{\mu \circ \times \mu r \times N^2 \times A}{Lm}$$

$$= \frac{1,25 \times 10^{-6} \times 3000 \times (500)^2 \times 1,5 \times 10^{-3}}{0,5} = 2,8\ H$$

$$X_L = 2 \times \pi \times f \times L$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 2,8$$

$$= 879,6\ \Omega$$

مثال (٤) :

ملف مغناطيسي ذو ثغرة هوائية محاثته 100 mH . ما هو التيار الذي يسحبه إذا وصل بجهد متردد 220V/ 50 Hz.

المعطيات:

$L = 100mH$, $U=220v$, $f=50Hz$

المطلوب:

I

الحل:

$$X_L = 2 \times \pi \times f \times L$$
$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,1 = 31,4\ \Omega$$
$$I = \frac{U}{XL}$$
$$= \frac{220}{31,4} = 7A$$

مثال (٥) :

احسب المفاعلة السعوية X_C لمكثف سعته $0.5\ \mu F$ وتردد قدره $f = 5$ KHz.

المعطيات:

$C = 0,5\mu F$, $f=5KHz$

المطلوب:

XC

الحل:

$$C = 0.5 \times 10^{-6}\ F$$
$$f = 5\ KHz = 5000\ HZ$$
$$Xc = \frac{1}{2 \times \pi \times f \times c}$$
$$= \frac{1}{2 \times 3,14 \times 5000 \times 0,5 \times 10^{-6}} = 63,8\ \Omega$$

مثال (٦) :

أوجد قيمة التيار الذي يمرره مكثف سعته $100\mu_F$ عند جهد متردد 220V/50HZ.

المعطيات:

$C = 100\mu F$	$U=220v$	$f=50Hz$

المطلوب:

I

الحل:

$$Xc = \frac{1}{2\times\pi\times f\times c}$$

$$= \frac{1}{2\times 3{,}14\times 50\times 100\times 10^{-6}}$$

$$= 31{,}8\ \Omega$$

$$I = \frac{U}{Xc} = \frac{220}{31{,}8} = 6{,}9\ A$$

مثال (٧) :

يسحب ملف تيار مقداره 10A عند توصيله بجهد متردد 120V/50HZ احسب معامل الحث الذاتي للملف L. (أهمل المقامة المادية للملف).

المعطيات:

$I = 10A$	$U=120v$	$f=50Hz$

المطلوب:

L

الحل:

$$X_L = \frac{U}{I}$$

$$= \frac{120}{10} = 12\ \Omega$$

$$L = \frac{XL}{2 \times \pi \times f}$$

$$= \frac{12}{2 \times 3{,}14 \times 50} = 0{,}038 \text{ H}$$

قوانين القدرة في حالة التيار المتردد

يمكن التمييز بين ثلاثة أنواع من القدرات في دوائر التيار المتردد وهي:

١ - القدرة الظاهرية (S).

$$S = U \times I \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots VA$$

٢ - القدرة الفعالة (P).

$$P = U \times I \times \cos\varphi \ldots\ldots W$$

٣ - القدرة المفاعلة (Q).

$$Q = U \times I \times \sin\varphi \ldots\ldots\ldots VAR$$

وترتبط هذه القدرات بمثلث يسمى مثلث القدرات - انظر شكل(٣ -٩) -كما في الشكل التالي:

	طبقاً لنظرية فيثاغورس	بواسطة الدوال المثلثية
القدرة الفعالة	$P = \sqrt{S^2 - Q^2}$	$P = S \times \cos\varphi$
القدرة الظاهرية	$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$	$P = \frac{P}{\cos\varphi}$
القدرة المفاعلة	$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$	$Q = S \times \sin\varphi$
معامل القدرة	-	$\cos\varphi = \frac{P}{S}$
معامل المفاعلة	-	$\sin\varphi = \frac{Q}{S}$
القدرة المفاعلة باستخدام قانون اوم	$Q_c = I^2 \times X_c = \frac{U^2}{X_c}$	$Q_L = I^2 \times X_L = \frac{U^2}{X_L}$

مثال (١) :

لوحة القدرة لمحرك يعمل بالتيار المتردد مدون عليها ما يلي:

$U = 220V \quad , \quad I = 15A \quad , \ Cos\ \varphi = 0{,}8$

احسب
١ - القدرة الفعالة المستهلكة بواسطة المحرك (P).
٢ - القدرة المفاعلة المستهلكة بواسطة المحرك (Q).
٣ - القدرة الظاهرية (S).

المعطيات:

$U = 220V \quad , \quad I = 15A \quad , \quad Cos\varphi = 0{,}8$

المطلوب:

$S \ - \ Q \ - \ P$

الحل :

$P = U \times I \times Cos\ \varphi$
$= 220 \times 15 \times 0{,}8 = 2640W$
$Q = U \times I \times Sin\ \varphi$
$= 220 \times 15 \times 0{,}6 = 1980\ VAR$
$S = U \times I$
$= 220 \times 15 = 3300\ VA$

مثال (٢) :

كم يبلغ معامل القدرة لحمل يستهلك قدرة فعالة مقدارها 250W ويسحب تيار شدته 5A عند جهد 220V / 50HZ ثم احسب القدرة المفاعلة.

المعطيات:

$P = 250W \quad , \quad I = 5A \quad , \quad U = 220v \quad , \quad f = 50Hz$

المطلوب:

$Q \ - \ Cos\varphi$

الحل :

$P = 250\ W$
$S = U \times I$

$$= 220 \times 5 = 1100 \text{ VA}$$

$$\text{Cos } \varphi = \frac{P}{S} = \frac{250}{1100} = 0.227$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$= \sqrt{1100^2 - 250^2} = 1071 \quad \text{VAR}$$

مثال (٣) :

أحسب شدة التيار لمحرك يعمل بالتيار المتردد إذا كان يسحب قدره مقدارها 8KW عند جهد 220V / 50 HZ ومعامل قدرة 0.8 ، ثم أوجد S .

المعطيات:

P = 8KW=8000W , U = 220v , f = 50Hz , Cosφ=0,8

المطلوب:

$S - I$

الحل :

$$P = U \times I \times \text{Cos } \varphi \Rightarrow I = \frac{P}{U \times Cos\varphi}$$

$$= \frac{8000}{220 \times 0,8} = 45,45 \text{ A}$$

$$S = \frac{P}{Cos\varphi}$$

$$= \frac{8000}{0,8} = 10000 \text{ VA}$$

مثال (٤) :

صمم موصل تيار متردد ليعمل على جهد 6000V وتيار 35A احسب مقدار القدرة الفعالة التي يمكن نقلها بمعامل قدرة :

1,00 - 0,8 - 0,7

المعطيات:

U = 6000v , I= 35A , Cosφ= (0,7 *or* 0,8 *or* 1)

المطلوب:

P

الحل

$$P = U \times I \times \cos\varphi$$
$$P = 60000 \times 35 \times 0,7 = 147000\ W$$
$$P = 6000 \times 35 \times 0,8 = 168000\ W$$
$$P = 6000 \times 35 \times 1 = 210000\ W$$

مثال (٥) :

يسحب ملف بدون قلب حديد محاثته 0.25H عند تردد 50HZ تيار مقداره 1,2A . احسب القدرة المفاعلة المأخوذة.

المعطيات:

$L = 0,25H$	$f = 50Hz$	$I = 1,2A$

المطلوب:

Q

الحل :

$$X_L = 2 \times \pi \times f \times L$$
$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,25 = 78,5\ \Omega$$
$$Q = I^2 \times X_L$$
$$= (1,2)^2 \times 78,5 = 113\ VAR$$

مثال (٦) :

أحسب القدرة المفاعلة لمكثف سعته 250 μ_F عند توصيله على جهد متردد 380V/50HZ.

المعطيات:

$C = 250\mu F$	$U = 380v$	$f = 50Hz$

المطلوب:

Q

الحل :

$$X_C = \frac{1}{2\times\pi\times f \times c}$$

$$= \frac{1}{2\times 3,14\times 50\times 250\times 10^{-6}} = 12,73\ \Omega$$

$$Q = \frac{U^2}{Xc} = \frac{(380)^2}{12,73} = 11341\ \text{VAR}$$

مثال (٧) :

أحسب سعة المكثف بوحدة μF إذا كانت قدرته المفاعلة 2.5KVAR عند توصيله بجهد متردد 220V/50HZ .

المعطيات:

$Q = 2,5KVAR \quad , \quad U = 220v \quad , \quad f = 50Hz$

المطلوب:

C

الحل :

$$X_C = \frac{U^2}{Qc} = \frac{220^2}{2,5\times 10^3} = 19\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\times\pi\times f \times C} \quad \Rightarrow \quad C = \frac{1}{2\times\pi\times f \times Xc}$$

$$= \frac{1}{2\times 3,14\times 50\times 19}$$

$$= 167,6\times 10^{-6}\ \text{F} = 167,6\,\mu\text{F}$$

اختبر معلوماتك

١ - وضح بالرسم الموجة الجيبية ومخطط المتجهات للجهد و التيار في دائرة تحتوي على مقاومة مادية فقط .

٢ - وضح بالرسم الموجة الجيبية ومخطط المتجهات للجهد و التيار في دائرة تحتوي على ملف فقط .

٣ - وضح بالرسم الموجة الجيبية ومخطط المتجهات للجهد و التيار في دائرة تحتوي على مكثف فقط .

٤ - اذكر أنواع القدرات الكهربائية مع ذكر العلاقات الرياضية الخاصة بها .

٥ - أحسب مفاعلة ملف محاثته 2.5H للترددات التالية :

أ - 50 HZ ب - 16^2 HZ ج - 5 KHZ

٦ - يسمح بتحميل ملف ذي محاثه 0.25H بتيار مقداره 1.2A احسب مقدار الجهد الجيبي المسموح به في الحالات التالية:

f = 50 HZ - f = 1 KHZ

٧ - أحسب قيمة المفاعلة السعوية لمكثف سعته عند الترددات التالية:

20 KHZ 0.1 MHZ 500HZ 50HZ

٨ - أوجد قيمة سعة المكثف إذا سمح بمرور تيار مقداره 0,1A عند التوصيل على جهد مقداره 220V / 50HZ

٩ - ملف ذو قلب حديدي يحتوي على ثغرتين هوائيتين طول كل منهما 5mm وعدد لفاته 500 لفه احسب مفاعلة الملف عند توصيله بتردد 50HZ علماً أن مساحة القلب هي 600mm2.

١٠ -أوجد قيمة التيار الذي تمرره المكثفات التالية عند جهد متردد 220V/50HZ:

100 µF - 300 nF - 600 pF

١١ -تتصل مقاومة فعالة قيمتها 55 Ω بجهد متردد 220V/50HZ أحسب:

أ - القيمة الفعاله للتيار ب - القيمة العظمى للتيار ج - القيمة العظمى للجهد

د - ارسم منحى تغير كل من التيار والجهد مع الزمن.

١٢ -وصل جهد متردد 50HZ / 20KV على كابل طوله 30Km ومفتوح عند نهايته.
احسب تيار الشحن الذي يسير بدون حمل إذا كان للكابل سعة مقدارها 0,25 nF لكل كيلومتر.

مبادئ التيار المتردد

آلات التيار المتغير

الفصل الثاني

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة : مــعرفة المواضيع التالية :

- سلوك التيار والجهد والقدرة في دائرة توالي تحتوي على مقاومة مادية وملف فقط.
- سلوك التيار والجهد والقدرة في دائرة توالي تحتوي على مقاومة مادية مكثف فقط.
- سلوك التيار والجهد والقدرة في دائرة توالي تحتوي على مقاومة مادية وملف ومكثف فقط.
- رنين التوالي.
- سلوك التيار والجهد والقدرة في دائرة توازي تحتوي على مقاومة مادية وملف فقط.
- سلوك التيار والجهد والقدرة في دائرة توازي تحتوي على مقاومة مادية مكثف فقط.
- سلوك التيار والجهد والقدرة في دائرة توازي تحتوي على مقاومة مادية وملف ومكثف فقط.
- رنين التوازي.
- مقارنة بين دوائر التوالي و دوائر التوازي .

الأهداف :

عندما تكمل هذه الوحدة يكون لدى الطالب القدرة على :

١. أن يعرف ما يحصل للجهد والتيار والقدرات في حالة توصيل دوائر التيار المتردد المتفرعة على التوالي والتوازي المختلفة.
٢. أن يرسم دوائر التيار المتردد المتفرعة على التوالي والتوازي المختلفة.
٣. أن يحل بعض التمارين الخاصة بسلوك التيار والجهد والقدرة في الدوائر سابقة الذكر.

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل الطالب إلى إتقان الجدارة بنسبة ٨٥٪ .

الوقت المتوقع للتدريب : ١٦ ساعات .

الوسائل المساعدة :

- جهاز العرض العلوي لعرض الصور .
- نماذج .

متطلبات الجدارة :

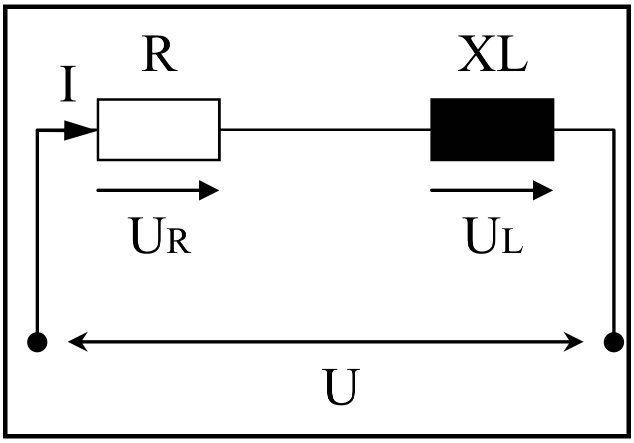
يجب معرفة ما سبق دراسته في الوحدة الثالثة.

تبين لنا في الوحدة السابقة سلوك المعاوقات(المقاومة المادية والمفاعلة الحثية والمفاعلة السعوية) كلاً على حدة في دوائر التيار المتردد في هذه الوحدة سوف نتعرف على سلوك دوائر التيار المتردد عندما تشتمل على أكثر من عنصر مختلف من المعاوقات السابقة الذكر ولأنه في الحياة العملية نادراً ما توجد هذه العناصر منفردة.

يوجد نوعين من الدوائر سوف ندرس سلوك هذه المعاوقات بتوصيلها في دوائر توالي ثم في دوائر توازي ونوضح الفرق بينهما.

أولاً : دوائر التوالي:

أ) دائرة توالي مكونة من مقاومة مادية ومفاعلة حثية :



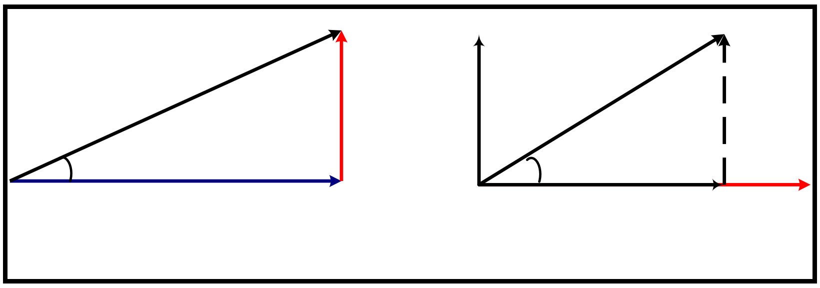
شكل ٤ -١

في دوائر التوالي يتساوى التيار في جميع العناصر لذلك يجب أن يؤخذ كإسناد عند رسم مخطط المتجهات. ولتعيين الجهد الفعال U_R والمفاعل U_L والمعاوقة الكلية Z وكذلك زاوية الإزاحة لهذه الدائرة تتبع طريقة الحل التالية:

الجهود الجزئية:

$U_R = I \times R$ متطابق مع التيار.

$U_L = I \times X_L$ متقدم عن التيار بزاوية مقدارها 90^o.



شكل ٤ -٢

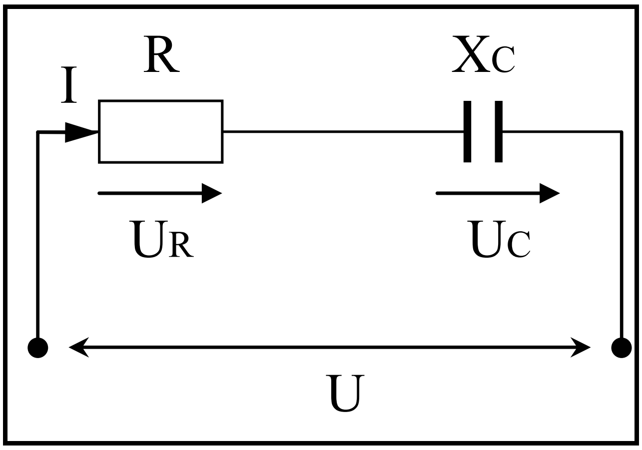
من مثلث الجهود فإن الجهد الكلي يمكن حسابه من العلاقة $U = \sqrt{UR^2 + UL^2}$

ومن مثلث المعاوقات يمكن حساب المعاوقة الكلية (الظاهرية) $Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$

ومن المثلثات السابقة يمكن إيجاد زاوية الإزاحة الطورية من إحدى العلاقات التالية:

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} \quad , \quad \cos\varphi = \frac{UR}{U}$$

ب - دائرة توالي مكونة من مقاومة فعالة ومكثف (مفاعلة سعوية):

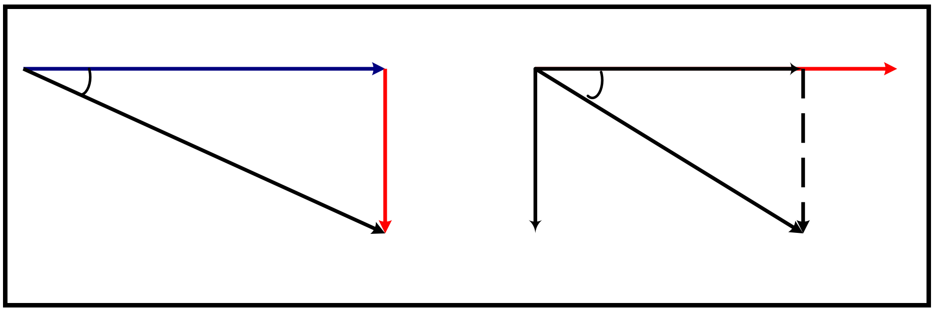


شكل ٤ -٣

الجهود الجزئية هي:

$U_R = I \times R$ جهد المقاومة الفعالة متطابق مع التيار.

$U_C = I \times X_C$ جهد المكثف متأخر عن التيار بزاوية 90^o.



شكل ٤ -٤

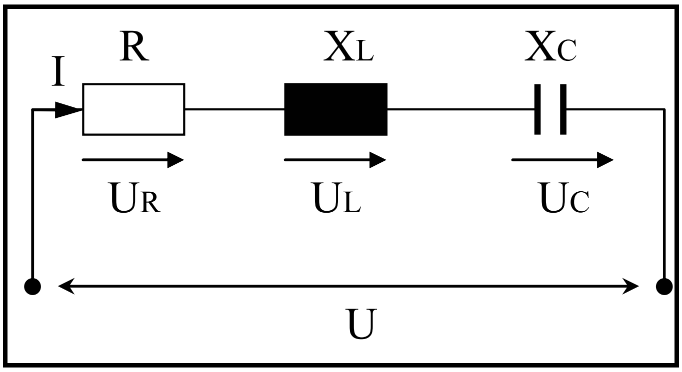
أيضاً كما سبق $U = \sqrt{UR^2 + UC^2}$ الجهد الكلي

$Z = \sqrt{R^2 + XC^2}$ المعاوقة الكلية

$$\text{Cos } \varphi = \frac{UR}{U} \quad , \quad \text{Cos } \varphi = \frac{R}{Z}$$

ملاحظة: يمكن استخدام المكثف في دوائر التيار المتردد. كمقاومة توالي لخفض جزء من جهد المنبع دون فقد يذكر بعكس استخدام المقاومة الأومية.

ج - دائرة توالي مكونة من مقاومة فعالة ومفاعلة حثية ومفاعلة سعوية:



شكل ٤ -٥

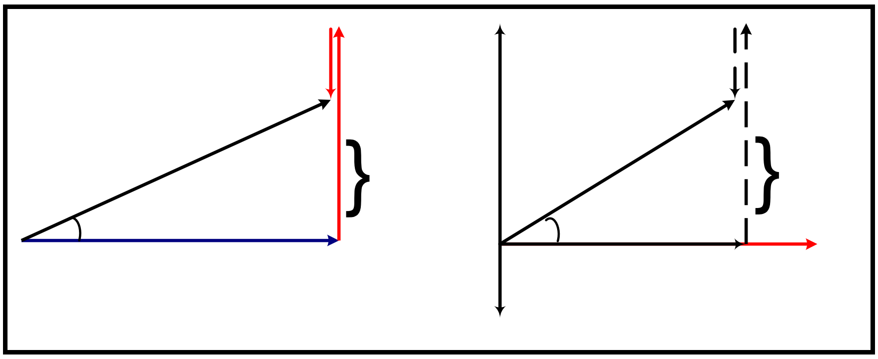
الجهود الجزئية هي:

$U_R = I \times R$ جهد المقاومة الفعالة متطابق مع التيار.

$U_L = I \times X_L$ جهد المفاعلة الحثية متقدم عن التيار بزاوية مقدارها 90^o.

$U_C = I \times X_C$ جهد المفاعلة السعوية متأخر عن التيار بزاوية 90^o.

ويمكن رسم مثلث المقاومات والجهود للدائرة السابقة:



شكل ٤ -٦

من المثلثات السابقة يمكن إيجاد المعاوقة الكلية والجهد الكلي من العلاقات التالية:

$$U = \sqrt{UR^2 + (UL - UC)^2}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (XL - XC)^2}$$

كذلك زاوية الإزاحة:

$$\text{Cos}\ \varphi = \frac{UR}{U} \qquad , \qquad \text{Cos}\ \varphi = \frac{R}{Z}$$

عند توصيل مفاعلة حثية ومكثف على التوالي قد تظهر جهود مرتفعة تشكل خطراً على الحياة وأيضاً تشكل خطورة على عزل الملفات والمكثفات. وذلك عندما تحدث ظاهرة الرنين.

رنين التوالي (رنين الجهد):

تحدث حالة الرنين عند توصيل مكثف وملف على التوالي وذلك إذا ما كانت المفاعلة السعوية X_C تتساوى مع المفاعلة الحثية XL وفي هذه الحالة تصبح المقاومة المادية فقط هي المحددة للتيار حيث يحسب التيار من العلاقة البسيطة لقانون أوم أي أن:

$$I = \frac{U}{R} \qquad , \qquad Z = R \qquad , \qquad \text{Cos}\varphi = 1$$

من ذلك نستنتج أنه عند الرنين تكون قيمة المقاومة أقل ما يمكن وبذلك يمر أعلى تيار في الدائرة عند ذلك تبلغ الجهود على كل من الملف والمكثف قيمها القصوى.

ويمكن استنتاج قيمة التردد الذي يحدث عنده الرنين كما يلي:

شرط الرنين : XL = Xc

بتعويض كل من XL وكذلك Xc في العلاقة السابقة نحصل على ما يلي

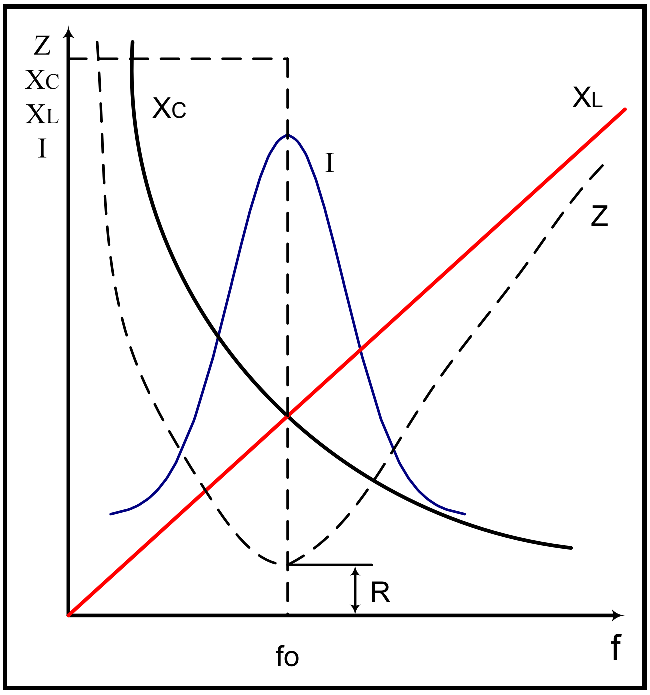
$$2 \times \pi \times fo \times L = \frac{1}{2 \times \pi \times f\ o \times c}$$

$$fo^2 = \frac{1}{(2 \times \pi)^2 \times L \times C}$$

بأخذ الجذر التربيعي للطرفين نحصل على ما يلي

$$fo = \frac{1}{2 \times \pi \times \sqrt{L \times C}}$$

منحنيات رنين التوالي:

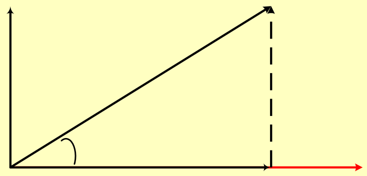
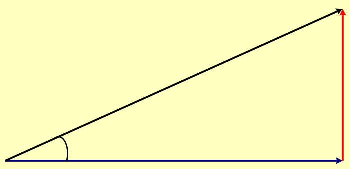
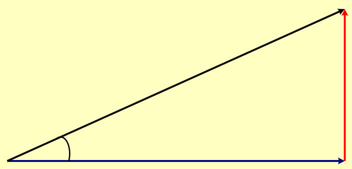
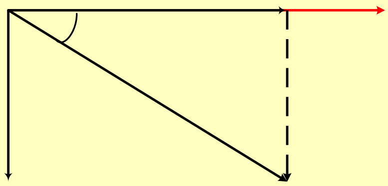
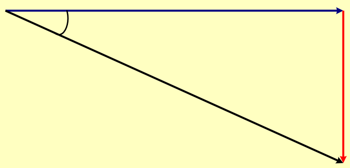
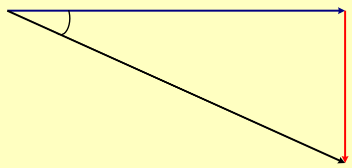
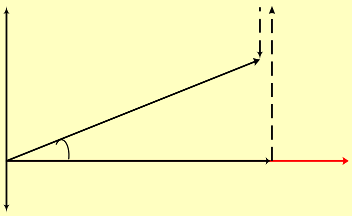
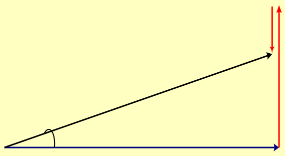
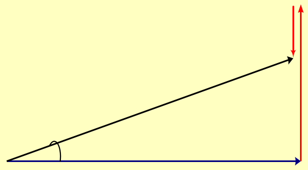


شكل ٤ -٧

من المنحنى السابق نلاحظ أن قيمة المفاعلة الحثية تتناسب طردياً مع التردد أما المفاعلة السعوية فتتناسب عكسياً معه بينما قيمة المقاومة المادية ثابتة لا تتغير مع التردد.

لذلك نلاحظ أنه للترددات المنخفضة تكون المعاوقة الكلية Z مرتفعة مما يؤدي إلى مرور تيار قليل أما عندما تتساوى المفاعلة الحثيه مع المفاعلة السعوية فإن القيمة المقاومة تساوي قيمة المقاومة المادية فقط وهي أقل قيمة لها مما يجعل التيار المار في الدائرة يأخذ قيمته العظمى وعند الترددات المرتفعة تزداد قيمة المفاعلة الحثية وتقل السعوية للمكثف وأيضاً تزداد المعاوقة الكلية مما يؤدي إلى نقصان التيار المار في الدائرة.

أمثلة ومسائل على دوائر التوالي للتيار المتردد

	مثلث الجهود	مثلث المقاومات	مثلث القدرات
دائرة توالي R , XL			
	$U=\sqrt{UR^2+UL^2}$	$Z=\sqrt{R^2+XL^2}$	$S=\sqrt{P^2+QL^2}$
	$Cos\varphi=\frac{UR}{U}$	$Cos\varphi=\frac{R}{Z}$	$Cos\varphi=\frac{P}{S}$
	UR= I ×R	UL= I ×XL	$I=\frac{U}{Z}$
دائرة توالي R , XC			
	$U=\sqrt{UR^2+UC^2}$	$Z=\sqrt{R^2+XC^2}$	$S=\sqrt{P^2+QC^2}$
	$Cos\varphi=\frac{UR}{U}$	$Cos\varphi=\frac{R}{Z}$	$Cos\varphi=\frac{P}{S}$
	UR= I ×R	UC= I ×XC	$I=\frac{U}{Z}$
دائرة توالي R , XL, XC			
	$U=\sqrt{UR^2+(UL-UC)^2}$	$Z=\sqrt{R^2+(XL-XC)^2}$	$S=\sqrt{P^2+(QL-QC)^2}$
	$Cos\varphi=\frac{UR}{U}$	$Cos\varphi=\frac{R}{Z}$	$Cos\varphi=\frac{P}{S}$
	UR= I ×R	UL= I ×XL UC= I ×XC	$I=\frac{U}{Z}$

مثال (١) :

ملف ذو مقاومة فعالة 1Ω ومحاثة مقدارها 0.08H وصل على جهد متردد 220V/50Hz احسب كل من:

S , Q , P , I , Z

المعطيات:

$R = 1\Omega$; $L = 0{,}08$ H ; $U = 220$ v ; $f = 50$ Hz

المطلوب:

S , Q , P , I , Z

الحل :

$$X_L = 2 \times \pi \times f \times L$$
$$= 2 \times 3{,}14 \times 50 \times 0{,}08$$
$$= 25{,}12\ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$$
$$= \sqrt{(1)^2 + (25{,}12)^2}$$
$$= 25{,}13\ \Omega$$

$$I = \frac{U}{Z}$$
$$= \frac{220}{25{,}13} = 8{,}75\ A$$

$$\text{Cos}\ \varphi = \frac{R}{Z}$$
$$= \frac{1}{25{,}13} = 0{,}04$$

$$\varphi = 87{,}7^0$$

$$P = U \times I \times \text{Cos}\ \varphi$$
$$= 220 \times 8{,}75 \times 0{,}04 = 77\ W$$

$$Q = U \times I \times \text{Sin}\ \phi$$
$$= 220 \times 8{,}75 \times 0{,}99 = 1905{,}75\ VAR$$

$$S = U \times I$$
$$= 220 \times 8{,}75 = 1925\ VA$$

مثال (٢) :

وصل ملفان متشابهان على التوالي وبيانات كل منهما: $X_L = 20\ \Omega$, $R = 10\ \Omega$ (مقاومة داخلية للملف). احسب : Rt , Xt , Z

المعطيات:

$R = 10\Omega$; $XL = 20\ \Omega$

المطلوب:

Z , Xt , Rt

الحل :

$$R_t = R_1 + R_2$$
$$= 10 + 10 = 20\ \Omega$$
$$X_t = X_{L1} + X_{L2}$$
$$= 20 + 20 = 40\ \Omega$$
$$Z = \sqrt{Rt^2 + Xt^2}$$
$$Z = \sqrt{20^2 + 40^2} = 44.7\ \Omega$$

مثال (٣) :

يسحب ملف بدون قلب حديدي تياراً مقداره 2A سواء عند التوصيل بجهد مستمر مقداره 20V أو متردد 90V/50HZ احسب :

L , X_L , Z , R

المعطيات:

$I = 2A$; $\overline{U} = 20\ v$; $U = 90\ v$; $f = 50\ Hz$

المطلوب:

L , XL , Z , R

الحل :

(في حالة الجهد المستمر) $R = \frac{\overline{U}}{I} = \frac{20}{10} = 10\ \Omega$

(في حالة الجهد المتردد) $Z = \frac{U}{I} = \frac{90}{2} = 45\ \Omega$

$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{45^2 - 10^2} = 43.8\ \Omega$

$L = \frac{XL}{2 \times \pi \times f} = \frac{43,8}{2 \times 3,14 \times 50} = 0.139\ H$

مثال (٤) :

في دائرة توالي مكونة من مقاومة R ومفاعلة X_L قيس الجهد على المقاومة فوجد 40V وعلى المفاعلة فوجد 30V احسب إذا كان التيار المار في الدائرة 2A كل من:

$L\ ,\ X_L\ ,\ Z\ ,\ R$

المعطيات:

$UR = 40v \quad ; \quad UL = 30v \quad ; \quad I = 2\,A$

المطلوب:

$U\ ,\ Z\ ,\ XL\ ,\ R$

الحل :

$R = \frac{UR}{I}$

$= \frac{40}{2} = 20\ \Omega$

$X_L = \frac{UL}{I}$

$= \frac{30}{2} = 15\ \Omega$

$Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$

$= 20^2 + 15^2$

$= 25\ \Omega$

$U = I \times Z$

$= 2 \times 25 = 50\ V$

مثال (٥) :

دائرة توالي مكونة من مكثف سعته 71µF ومقاومة فعالة مقدارها 22Ω وصلت بجهد متردد 220V / 50HZ احسب :

S , Q , P , Cos φ , U_C , I , Z

المعطيات:

$C = 71\mu F$; $R = 22\Omega$; $U = 220\ v$; $f = 50\ Hz$

المطلوب:

S , Q , P , Cos φ , UC , I , Z

الحل :

$$X_C = \frac{1}{2\times\pi\times f\times c}$$

$$= \frac{1}{2\times 3{,}14\times 50\times 71\times 10^{-6}} = 44.8\ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + Xc^2}$$

$$Z = \sqrt{22^2 + 44.8^2} = 49.9\ \Omega$$

$$I = \frac{U}{Z}$$

$$= \frac{220}{49{,}9} = 4.4\ A$$

$$U_R = I \times R$$

$$= 4{,}4 \times 22 = 96{,}8\ V$$

$$U_C = I \times X_C$$

$$= 4{,}4 \times 44{,}8 = 197{,}12\ V$$

$$\text{Cos}\ \varphi = \frac{R}{Z}$$

$$= \frac{22}{49{,}7} = 0{,}44$$

$$P = U \times I \times \text{Cos}\ \varphi$$

$$= 220 \times 4{,}4 \times 0{,}44 = 425{,}92\ W$$

$$Q = U \times I \times \sin\varphi$$
$$= 220 \times 4{,}4 \times 0{,}89 = 861{,}52\ VAR$$
$$S = U \times I$$
$$= 220 \times 4{,}4 = 968\ VA$$

مثال (٦) :

دائرة توالي مكونة من مقاومة R=40Ω ومحاثة 500mH ومكثف سعته 25µF وصلت بجهد متردد 220V / 50HZ عين كلاً من :

- المقاومة الكلية Z
- شدة التيار I
- الجهود الجزئية
- القدرات P , Q , S

المعطيات:

$R = 22\Omega$	$L = 500mH$	$C = 25\ \mu F$	$U = 220\ v$	$f = 50\ Hz$

المطلوب:

S	Q	P	UL	UC	I	Z

الحل :

$$X_L = 2 \times \pi \times f \times L$$
$$= 2 \times 3{,}14 \times 50 \times 0{,}5 = 157\ \Omega$$
$$X_C = \frac{1}{2 \times \pi \times f \times c}$$
$$= \frac{1}{2 \times 3{,}14 \times 50 \times 25 \times 10^{-6}} = 127.3\ \Omega$$
$$Z = \sqrt{R^2 + (XL - Xc)^2}$$
$$= \sqrt{40^2 + (157 - 127.3)^2} = 49{,}82\ \Omega$$
$$I = \frac{U}{Z}$$

$$= \frac{220}{49,82} = 4.41 \text{ A}$$

$U_R = I \times R$

$= 4,41 \times 40 = 176,6 \text{ V}$

$U_L = I \times X_L$

$= 4,41 \times 157 = 692,3 \text{ V}$

$U_C = I \times X_C$

$= 4.41 \times 127,3 = 561,3 \text{ V}$

$$\text{Cos } \varphi = \frac{R}{Z}$$

$$= \frac{40}{49,82} = 0.8$$

$P = U \times I \times \text{Cos } \varphi$

$= 220 \times 4,41 \times 0,8 = 776,16 \text{ W}$

$Q = U \times I \times \text{Sin } \varphi$

$= 220 \times 4,41 \times 0,6 = 582,12 \text{ VAR}$

$S = U \times I$

$= 220 \times 4,41 = 970,2 \text{ VA}$

مثال (٧) :

في دائرة توالي مكونة من ملف مقاومته 1Ω ومحاثته $0.1H$ ومكثف سعته $10\mu F$ وصلت بجهد $100V$

احسب :

١ -تردد الرنين.

٢ -شدة التيار عند الرنين.

٣ -الجهود الجزئية عند الرنين.

المعطيات:

$R = 1\Omega$	; $L = 0,1 H$	; $C = 10\ \mu F$	; $U = 100\ v$	; $f = 50\ Hz$

المطلوب:

UR , UC , UL , I , fo

الحل :

1) $Fo = \dfrac{1}{2\times\pi\times\sqrt{L\times C}}$

$= \dfrac{1}{2\times3{,}14\times\sqrt{0{,}1\times10\times10^{-6}}} = 159\ HZ$

2) $I = \dfrac{U}{R}$

$= \dfrac{100}{1} = 100\ A$

3) $X_L = 2\times\pi\times f\times L$

$= 2\times3{,}14\times159\times0{,}1 = 100\ \Omega$

$U_L = U_C = I\times X_L$

$U_L = U_C = 100\times100 = 10000\ V$

$U_R = I\times R$

$= 1\times100 = 100\ V$

اختبر معلوماتك

١. وضح بالرسم مخطط المتجهات لجهود المقاومات لدائرة تحتوي على مقاومة مادي و مفاعلة حثية موصلة على التوالي .

٢. من السؤال الأول اذكر العلاقة الرياضية التي يمكن من خلالها حساب كلاً من:
الجهد الكلي U - المقاومة الكلية Z

٣. وضح بالرسم مخطط المتجهات للجهود و المقاومات لدائرة تحتوي على مقاومة مادية و مفاعلة سعوية موصلة على التوالي .

٤. من السؤال الثالث اذكر العلاقة الرياضية التي يمكن من خلالها حساب كلاً من :
الجهد U - المقاومة الكلية Z

٥. وضح بالرسم مخطط المتجهات لجهود و مقاومات لدائرة تحتوي على مقاومة مادية ومفاعلة سعوية ومفاعلة حثية .

٦. من السؤال الخامس اذكر العلاقة الرياضية التي يمكن من خلالها حساب كلاً من :
الجهد U - المقاومة الكلية Z

٧. اذكر شرط الرنين ؟

٨. اذكر العلاقة الرياضية التي يمكن من خلالها إيجاد قيمة تردد الرنين ؟

٩. في حال الرنين التوالي وضح حالة المقاومة الكلية Z والتيار I .

١٠. احسب المقاومة الكلية لملف مقاومته المادية $R=60\Omega$ ومفاعلته $X_L= 80\Omega$ ثم احسب التيار المار في الملف عند التوصيل بجهد 220V/50Hz

١١. ملف بدون قلب حديدي مقاومته الفعالة $R=90\Omega$ ومقاومته الظاهرية $Z=150\Omega$ احسب المفاعلة الحثية للملف XL

١٢. وصلت المقاومتان الفعالتان $R1=10\Omega$, $R2=12\Omega$ مع الملفين $XL1=30\Omega$ $XL2=15\Omega$ على التوالي بجهد 220V/50Hz احسب :

1. Q , P , I , Z

١٣. في دائرة مكونة من $R=50\Omega$, $L=0.12H$, $C=50\mu F$ بالتوالي متصلة بجهد 220V/50Hz احسب ما يلي :

1. S , Q , P , I , Z

١٤. وصل ملف ذو قلب هوائي بجهد مستمر مقداره 6V فسحب تيار مقداره 0.5A ثم وصل بجهد متردد 24V/50Hz فسحب تياراً مقداره احسب :

1. L , XL , Z , R

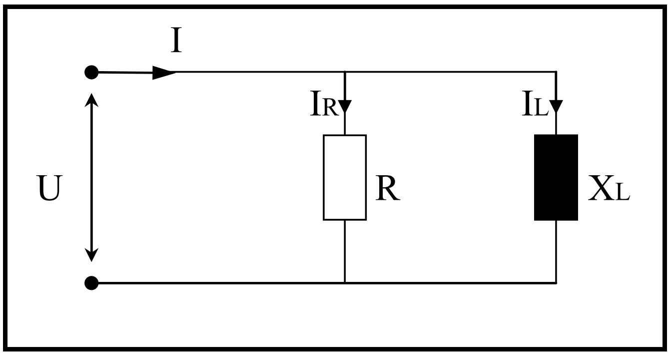
١٥. في دائرة توالي مكونة من ملف مقاومته $R=60\Omega$ ومحاثته 800mH ومكثف سعته 20μF وصلت بجهد 220V عين تردد الرنين للدائرة وما قيمة التيار والجهود الجزئية عند ذلك (حالة الرنين).

ثانياً: دوائر التوازي:

أ) دائرة توازي مكونة من مقاومة مادية ومفاعلة حثية :

عند توصيل التوازي تكون جميع العناصر متصلة على نفس الجهد لذلك نختار اتجاه الجهد كإسناد عند رسم مخطط المتجهات لايجاد التيارات الجزئية مع مراعاة أن تيار المقاومة الفعالة يتطابق مع الجهد وتيار الملف يتأخر عن الجهد بزاوية 90^o.

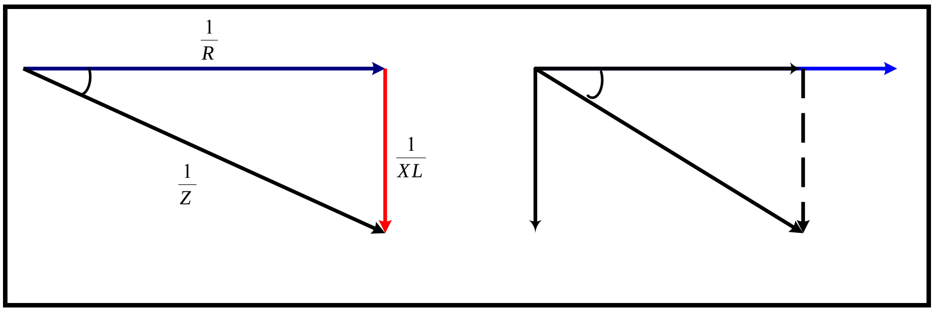
وكذلك تيار المكثف يتقدم عن الجهد بزاوية 90^o.



شكل ٤ -٨

لحساب التيارات الجزئية I_R , I_L.

$$IR = \frac{U}{R} \quad , \quad IL = \frac{U}{XL}$$ واتجاهاتها كما سبق



شكل ٤ -٩

يمكن إيجاد التيار الكلي من مثلث التيارات:

$$I = \sqrt{IR^2 + IL^2}$$

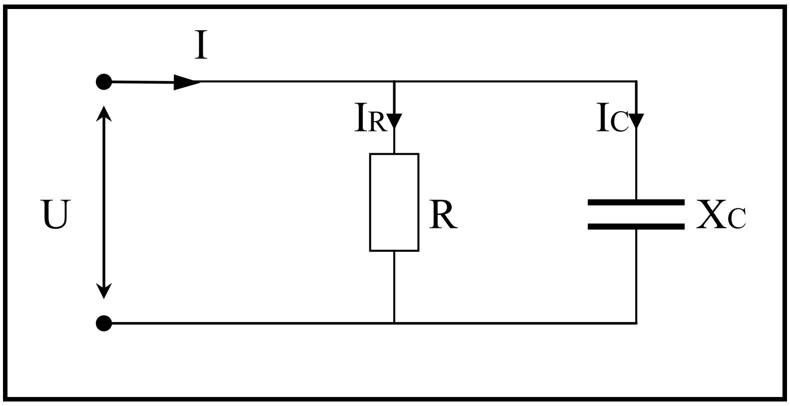
أما مقلوب المعاوقة الكلية ($\frac{1}{Z}$) :

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{XL}\right)^2}$$

وعادة تحسب المقاومة الكلية في دوائر التوازي من قانون أوم $Z = \frac{U}{I}$.

ولحساب زاوية الإزاحة $Cos\varphi = \frac{Z}{R} = \frac{IR}{I}$.

ب) دائرة توازي مكونة من مقاومة مادية ومفاعلة سعوية :



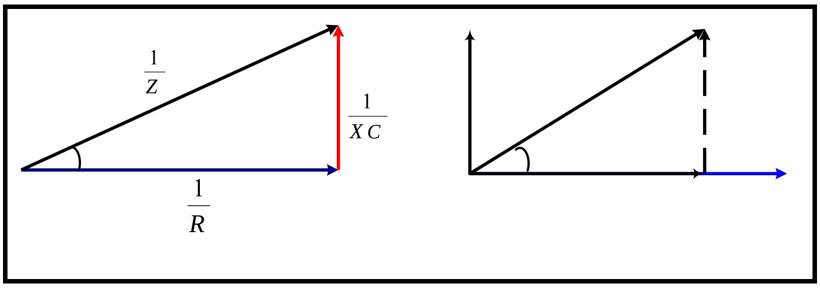
شكل ٤ -١٠

التيارات الجزئية هي كما يلي:

$I_R = U/R$ متطابق مع الجهد.

$I_C = U/X_C$ متقدم عن الجهد بزاوية 90^o.

والأشكال التالية توضح التيارات ومقلوب المقاومات للدائرة:



شكل ٤ -١١

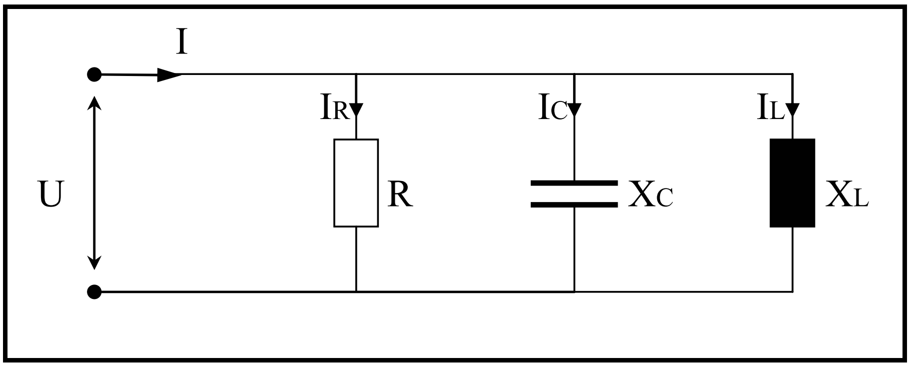
يمكن إيجاد التيار الكلي من مثلث التيارات:

$$I = \sqrt{IR^2 + IC^2}$$

أما مقلوب المعاوقة الكلية ($\frac{1}{Z}$) :

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{XC}\right)^2}$$

ج - دائرة توازي مكونة من مقاومة فعالة ومفاعلة حثية ومفاعلة سعوية:



شكل ٤ -١٢

تحسب التيارات الجزئية للدائرة من العلاقات التالية:

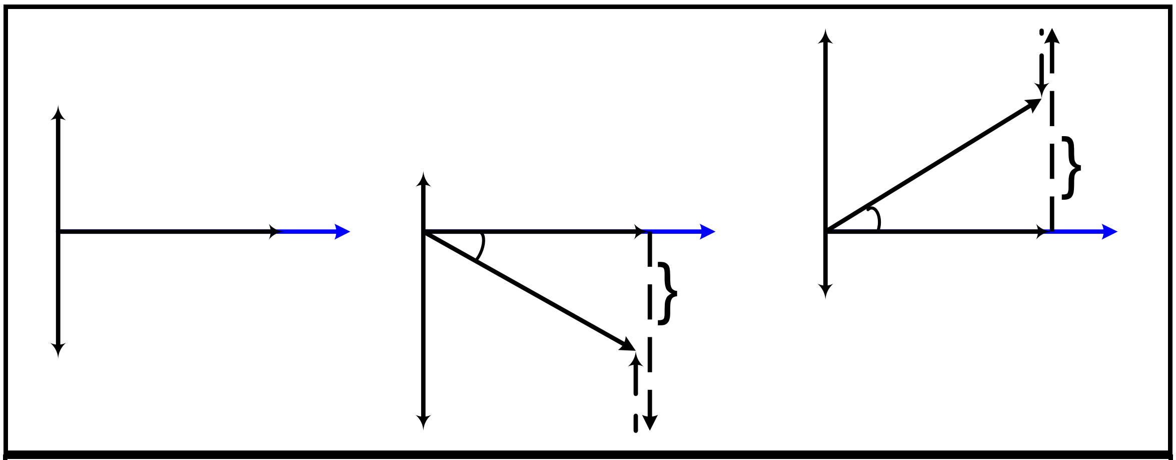
$IR = \frac{U}{R}$ متطابق مع الجهد.

$IL = \frac{U}{XL}$ متأخر عن الجهد بزاوية 90^{o}.

$IC = \frac{U}{XC}$ متقدم عن الجهد بزاوية 90^{o}.

لرسم مخطط المتجهات سوف نتناول الحالات التالية:

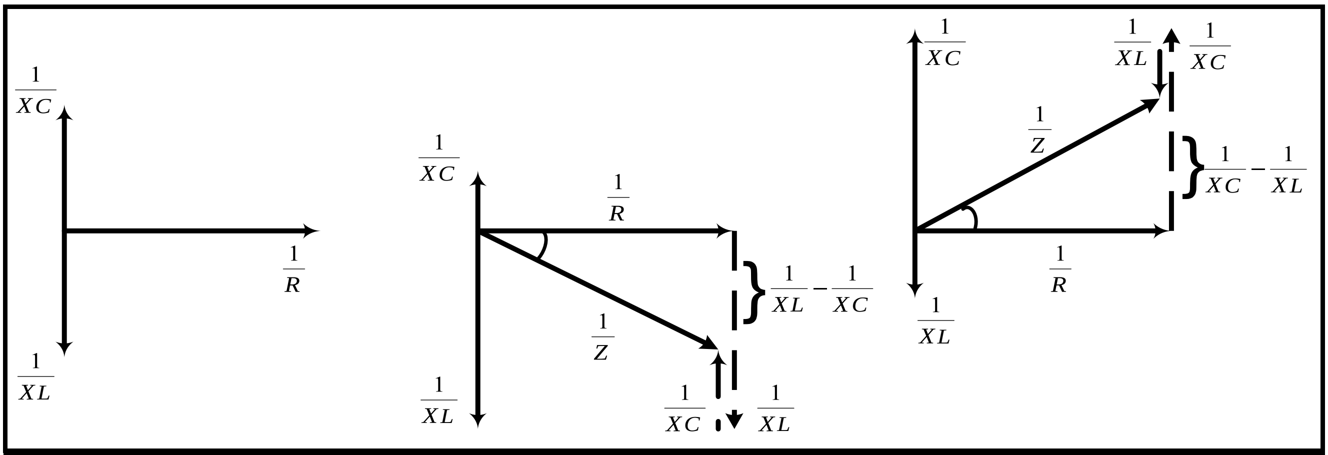
أ - $XL>Xc$ ب - $XL<Xc$ ج - $XL=Xc$



$I = \sqrt{IR^{2} + (IC - IL)^{2}}$ $I = \sqrt{IR^{2} + (IL - IC)^{2}}$ $I = IR$

شكل ٤ -١٣

أ - $XL>Xc$ ب - $XL<Xc$ ج - $XL=Xc$



$$\frac{1}{Z}=\sqrt{\left\{\frac{1}{R}\right\}^2+\left\{\frac{1}{XC}-\frac{1}{XL}\right\}^2}\qquad \frac{1}{Z}=\sqrt{\left\{\frac{1}{R}\right\}^2+\left\{\frac{1}{XL}-\frac{1}{XC}\right\}^2}\qquad Z=\frac{1}{R}$$

شكل ٤ -١٤

مما سبق نلاحظ ما يلي:

$XL>Xc$: نلاحظ أن التيار الكلي متقدم عن الجهد أي أن الخواص السعوية للدائرة تتغلب على الخواص الحثية

$XL<Xc$: نلاحظ أن التيار الكلي يتأخر عن الجهد وبذلك فإن الخواص الحثية هي المتغلبة.

$XL=Xc$: تتساوى في هذه الحالة الخواص الحثية السعوية للدائرة وبذلك يلغي كل منهما الآخر وتكون الدائرة عبارة عن مقاومة مادية فقط وتعرف هذه الحالة بالرنين.

رنين التوازي (رنين التيار):

عند توصيل ملف ومكثف على التوازي يمكن أن نصل إلى حالة يكون عندها التيار الكلي يساوي صفر وعند ذلك تبلغ التيارات الجزئية قيمتها القصوى. ويحدث أيضاً الرنين كما هو الحال في حالة رنين ا لتوالي عندما تتساوى المفاعلة الحثية والسعوية ويحدث ذلك عند تردد الرنين fo حيث يحسب من العلاقة:

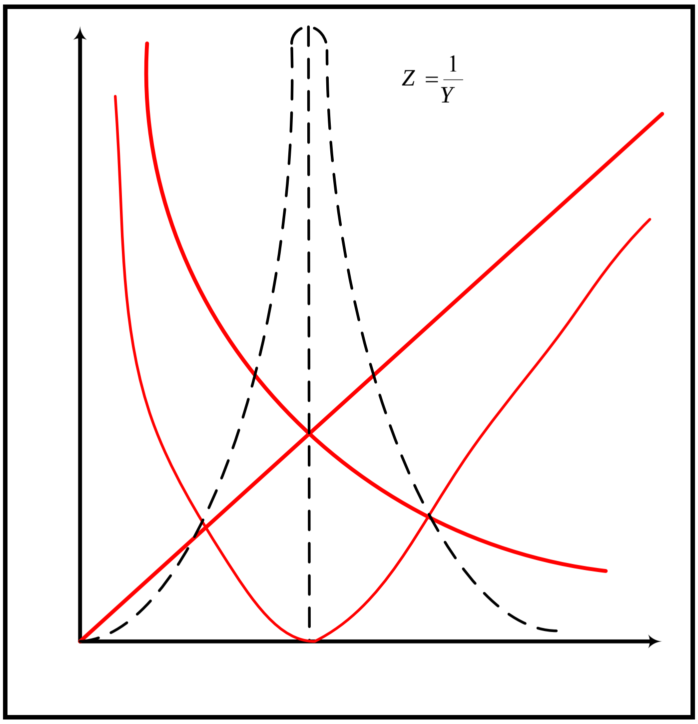
$$fo=\frac{1}{2\times\pi\times\sqrt{L\times C}}$$

نلاحظ عند الرنين أن التيار السعوي يلغي التيار الحثي وتعرف هذه الحالة في الهندسة الإذاعية بدائرة التذبذب أو الرنين. حيث يكون لهذه الدائرة المقدرة على الاحتفاظ بتيار متردد لبعض الوقت عند التأثير

عليها بنبضة جهد واحدة. وفي حالة رنين التوازي تبلغ معاوقة الدائرة قيمتها العظمى وتكون عبارة عن مقاومة فعالة فقط كما سبق وأشرنا. أيضاً عند الرنين يكون التيار المار في الملف هو نفس تيار شحن وتفريغ المكثف.

منحنيات الرنين (توازي):

هي عبارة عن منحنيات تبين العلاقة بين كل من المفاعلة الحثية (X_L) والمفاعلة السعوية (Xc) والمقاومة الفعالة (R) وكذلك التيار (I) والمعاوقة الكلية (Z) مع التردد (f). كما هو موضح في المنحنيات التالية.



شكل ٤ -١٥

مخطط متجهات القدرة في دوائر التوازي:

سوف نتناول الحالات الثلاثة السابقة وهي:

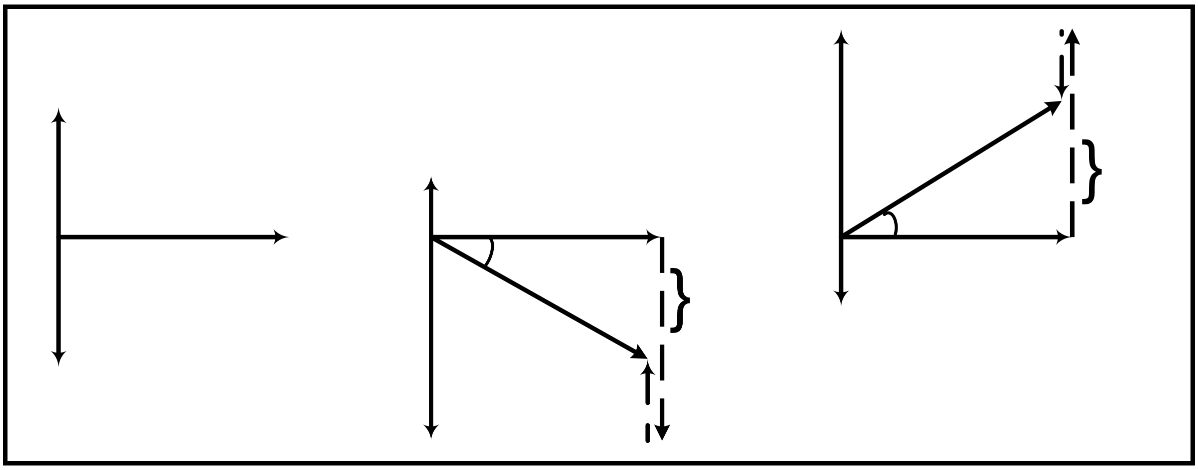
١ - $XL<Xc$: في هذه الحالة تكون القدرة المفاعلة المستهلكة في الملف $QL = \frac{U^2}{XL}$ أكبر من القدرة المفاعلة المنتجة في المكثف $QC = \frac{U^2}{XC}$ وبذلك تغلب الخواص الحثية على الدائرة.

٢ - $XL<Xc$: تكون $Qc>Q_L$ وبذلك تغلب الخواص السعوية.

٣ - $Xc=XL$: تتساوى $Qc=Q_L$ وبذلك فإن القدرة المفاعلة المنتجة في المكثف تستهلك في الملف (حالة الرنين).

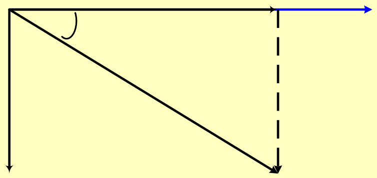
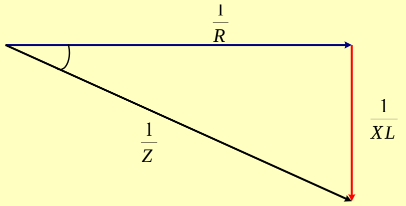
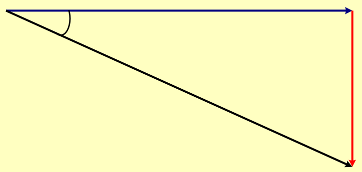
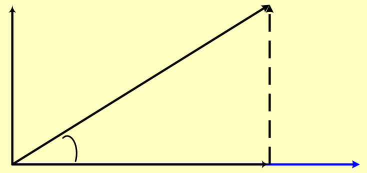
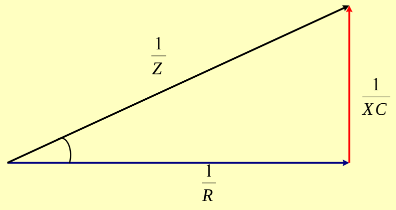
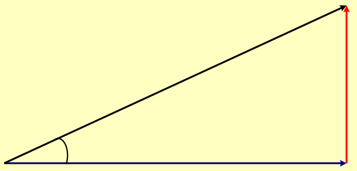
المتجهات التالية توضح ذلك:

أ - $XL>Xc$ ب - $XL<Xc$ ج - $XL=Xc$



شكل ٤ -١٦

أمثلة ومسائل على دوائر التوازي للتيار المتردد

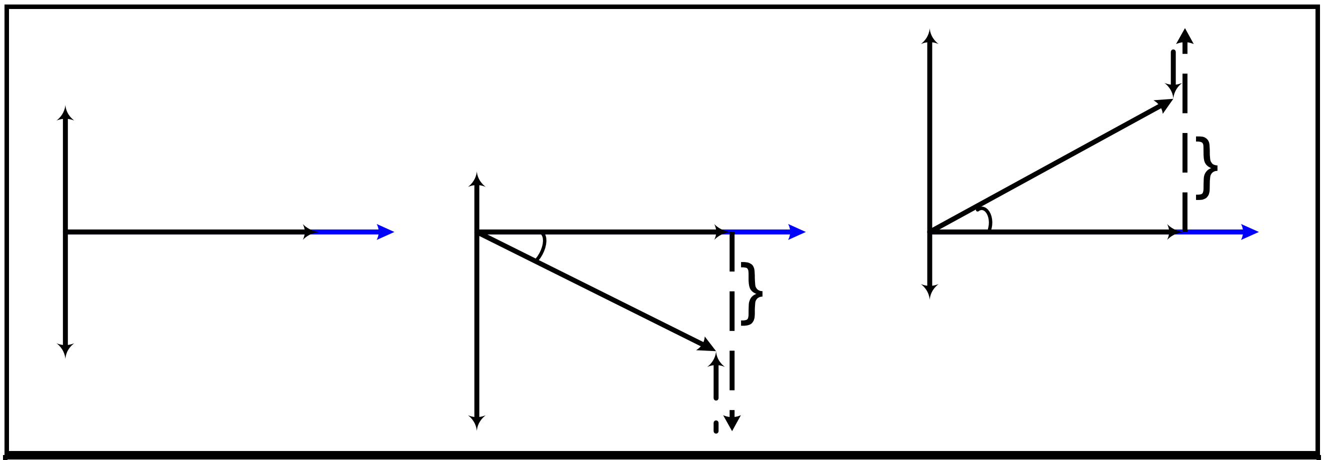
	مثلث الجهود	مثلث المقاومات	مثلث القدرات
دائرة توازي R , XL			
	$U = \sqrt{UR^2 + UL^2}$	$Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$	$S = \sqrt{P^2 + QL^2}$
	$Cos\varphi = \frac{UR}{U}$	$Cos\varphi = \frac{R}{Z}$	$Cos\varphi = \frac{P}{S}$
	$UR = I \times R$	$UL = I \times XL$	$I = \frac{U}{Z}$
دائرة توازي R , XC			
	$U = \sqrt{UR^2 + UC^2}$	$Z = \sqrt{R^2 + XC^2}$	$S = \sqrt{P^2 + QC^2}$
	$Cos\varphi = \frac{UR}{U}$	$Cos\varphi = \frac{R}{Z}$	$Cos\varphi = \frac{P}{S}$
	$UR = I \times R$	$UC = I \times XC$	$I = \frac{U}{Z}$

في حالة دائرة توازي مكونة من R , XL , XC يتطلب ذلك ملاحظة القوانين التالية:

QL

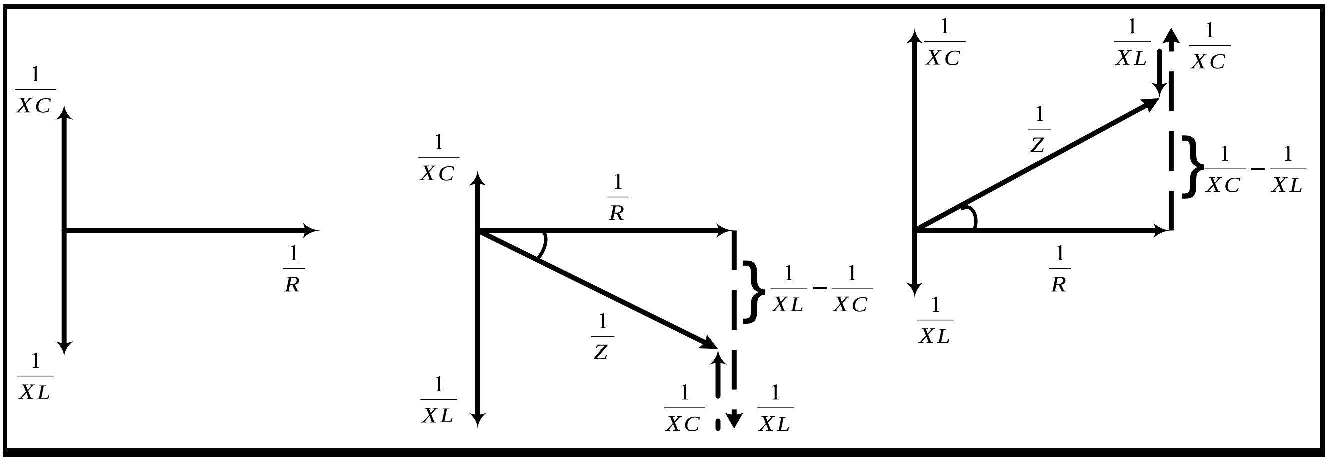
S

أ - XL>Xc　　ب - XL<Xc　　ج - XL=Xc



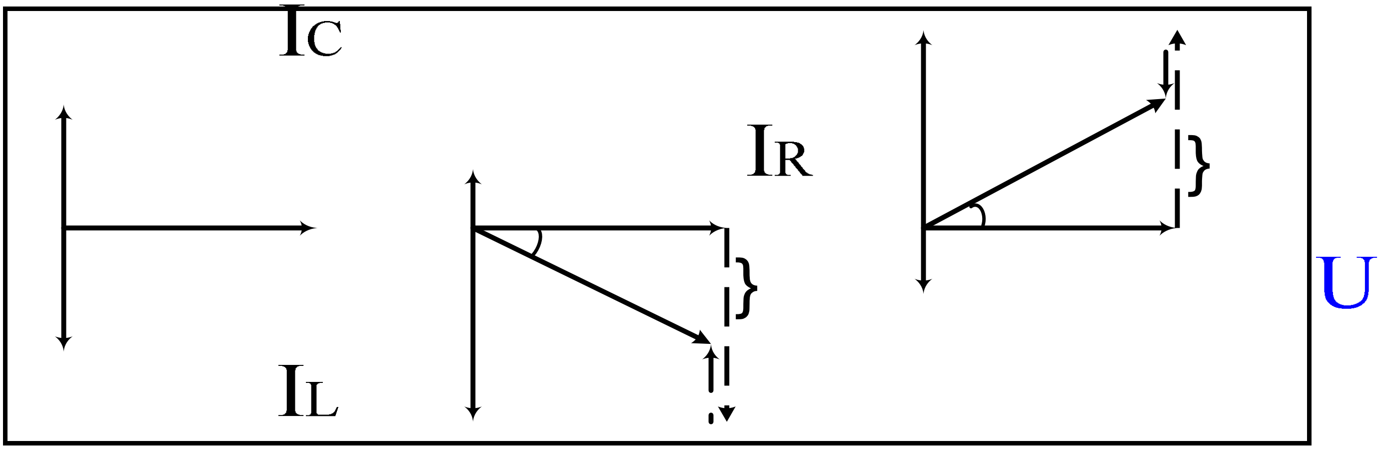
$$I = \sqrt{IR^2 + (IC - IL)^2} \qquad I = \sqrt{IR^2 + (IL - IC)^2} \qquad I = IR$$

أ - XL>Xc　　ب - XL<Xc　　ج - XL=Xc



$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\left\{\frac{1}{R}\right\}^2 + \left\{\frac{1}{XC} - \frac{1}{XL}\right\}^2} \qquad \frac{1}{Z} = \sqrt{\left\{\frac{1}{R}\right\}^2 + \left\{\frac{1}{XL} - \frac{1}{XC}\right\}^2} \qquad Z = \frac{1}{R}$$

أ - XL>Xc　　ب - XL<Xc　　ج - XL=Xc



$S = P$	$S = \sqrt{P^2 + (QL - QC)^2}$	$S = \sqrt{P^2 + (QC - QL)^2}$

أمثلة ومسائل:

مثال ١ :

وصل ملف محاثته 0.1H مع مقاومة فعالة R=100Ω على التوازي بمنبع جهد متردد 220V/50HZ

احسب :

- التيارات الجزئية.
- التيار الكلي.
- المعاوقة الكلية.

المعطيات:

$L = 0,1H \quad ; \quad R = 100\Omega \quad ; \quad U = 220\, v \quad ; \quad f = 50\, Hz$

المطلوب:

$Z \;,\; I \;,\; IR \;,\; IL$

الحل :

$$X_L = 2 \times \pi \times f \times L$$
$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,1$$
$$= 31,4\ \Omega$$

$$I_R = \frac{U}{R}$$
$$= \frac{220}{100} = 2.2\ A$$

$$I_L = \frac{U}{XL}$$
$$= \frac{220}{31,4} = 7\ A$$

$$I = \sqrt{IR^2 + IL^2}$$
$$= \sqrt{(2.2)^2 + (7)^2} = 7.33\ A$$

$$Z = \frac{U}{I}$$

$$= \frac{220}{7,33} = 30\ \Omega$$

مثال (٢) :

وصل مكثف مفاعلته السعوية 57Ω على التوازي مع المقاومة الفعالة R=76Ω على جهد 228V/50HZ أحسب:

- التيار الكلي ، القدرة الفعالة P ، زاوية الطور φ

المعطيات:

XC = 57Ω ; R= 76Ω ; U = 228 *v* ; f = 50 *Hz*

المطلوب:

P , *φ* , I

الحل :

$$I_C = \frac{U}{XC}$$

$$= \frac{228}{57} = 4\ A$$

$$I_R = \frac{U}{R}$$

$$= \frac{228}{76} = 3\ A$$

$$I = \sqrt{IR^2 + IC^2} = \sqrt{(3)^2 + (4)^2} = 5A$$

$$\text{Cos}\ \varphi = \frac{IR}{I} = \frac{3}{5} = 0.6$$

$$\varphi = 53.1°$$

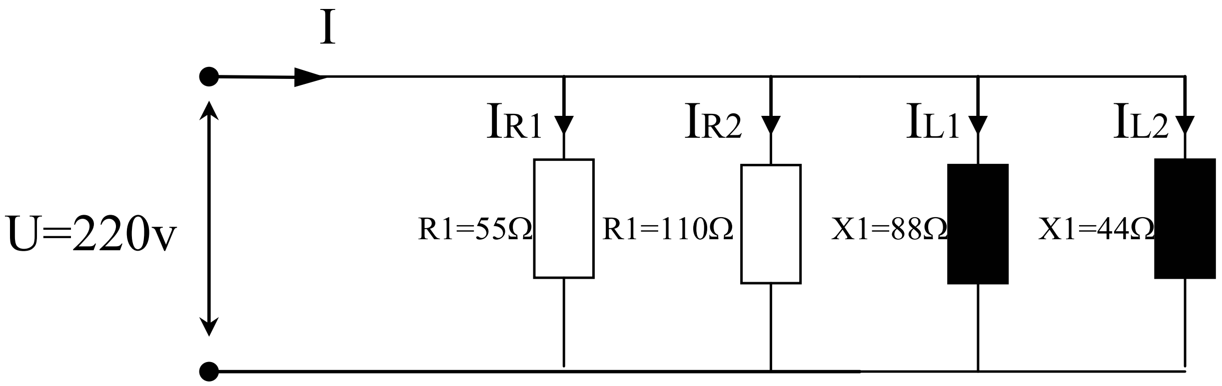
$$P = U \times I \times \text{Cos}\ \varphi$$

$$P = 228 \times 5 \times 0,6$$

$$= 684\ W$$

مثال (٣) :

أحسب التيار المسحوب والمعاوقة الكلية Z للدائرة التالية.



المعطيات:

$R1 = 55\Omega$; $R2 = 110\Omega$; $XL1 = 88\Omega$; $XL2 = 44\Omega$; $U = 220\,v$

المطلوب:

Z , I

الحل :

$$I_{R1} = \frac{U}{R1} = \frac{220}{55} = 4\ A$$

$$I_{R2} = \frac{U}{R2} = \frac{220}{110} = 2\ A$$

$$I_{L1} = \frac{U}{XL1} = \frac{220}{88} = 2.5\ A$$

$$I_{L2} = \frac{U}{XL2}$$

$$= \frac{220}{44} = 5\ A$$

$$I = \sqrt{(IR1 + IR2)^2 + (IL1 + IL2)^2}$$

$$= \sqrt{(4+2)^2 + (2{,}5+5)^2}$$

$$I = \sqrt{(6)^2 + (7{,}5)^2} = 9{,}6\ A$$

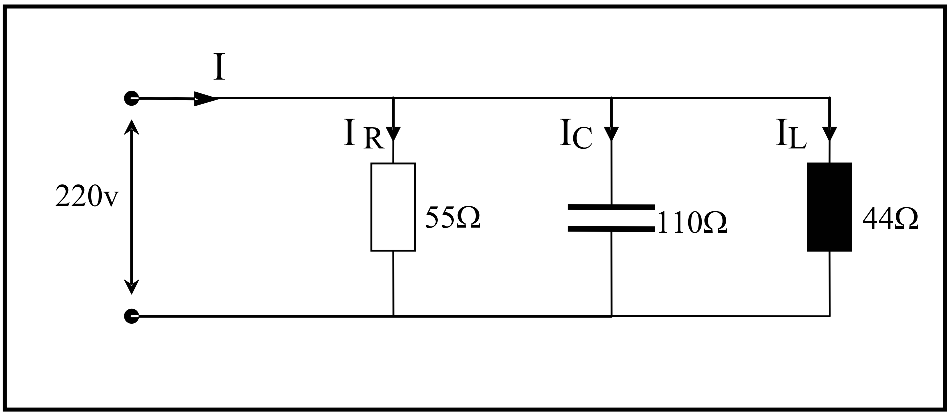
$$Z = \frac{U}{I}$$

$$= \frac{220}{9{,}6} = 22.9\ \Omega$$

مثال (٤) :

للدائرة التالية احسب :

- التيارات الجزئية والتيارات الكلية
- المعاوقة الكلية Z
- P , S , Q



المعطيات:

$$R = 55\Omega \quad ; \quad XC = 110\Omega \quad ; \quad XL = 44\Omega \quad ; \quad U = 220\ v$$

المطلوب:

$$S\ ,\ Q\ ,\ P\ ,\ Z\ ,\ I\ ,\ IL\ ,\ IC\ ,\ IR$$

الحل :

1) $I_R = \frac{U}{R}$

$$= \frac{220}{55} = 4\ A$$

$$I_L = \frac{U}{XL}$$

$$= \frac{220}{44} = 5\ A$$

$$I_C = \frac{U}{XC}$$

$$= \frac{220}{110} = 2\ A$$

$$I = \sqrt{IR^2 + (IL - IC)^2}$$

$$= (4)^2 + (5 - 2)^2 = 5\ A$$

2) $$Z = \frac{U}{I}$$

$$= \frac{220}{5} = 44\ \Omega$$

3) $$P = U \times I \times \text{Cos}\ \varphi$$

$$= 220 \times 5 \times 0{,}8 = 880\ W$$

$$Q = U \times I \times \text{Sin}\ \varphi$$

$$= 220 \times 5 \times 0{,}6 = 660\ VAR$$

$$S = U \times I$$

$$= 220 \times 5 = 1100\ VA$$

مثال (٥) :

في دائرة توازي من ملف محاثته 80mH ومكثف سعته 2μF ومقاومة مادية R=20Ω وجهد 110V احسب :

- تردد الرنين
- قيمة المقاومة الكلية عندئذ وشدة التيار
- شدة تيار المكثف والملف

المعطيات:

$L = 80mH \quad ; \quad C = 2\,\mu F \quad ; \quad R = 20\Omega \quad ; \quad U = 110\,v$

المطلوب:

$IL \;,\; IC \;,\; I \;,\; Z \;,\; fo$

الحل :

1) $$f_o = \frac{1}{2\times\pi\times\sqrt{L\times C}}$$

$$= \frac{1}{2\times3{,}14\times\sqrt{80\times10^{-3}\times2\times10^{-6}}} = 398\ HZ$$

2) $$Z = R = 20\ \Omega$$

$$I = \frac{U}{R}$$

$$= \frac{110}{20} = 5.5\ A$$

3) $$I_L = I_C$$

$$X_L = 2\times\pi\times f\times L$$

$$= 2\times3{,}14\times398\times0{,}08 = 200\ \Omega$$

$$I_L = \frac{U}{XL} = \frac{110}{200} = 0.55\ A$$

اختبر معلوماتك

١ - وضح بالرسم مخطط المتجهات للتيارات و المقاومات لدائرة تحتوي على مقاومة مادية ومفاعله حثيية موصلة على التوازي .

٢ - في السؤال العاشر اذكر العلاقة الرياضية التي يمكن من خلالها إيجاد كلاً من :

التيار الكلي I - المقاومة الكلية Z

٣ - وضح بالرسم مخطط المتجهات للتيارات و المقاومات لدائرة تحتوي على مقاومة مادية ومفاعلة سعوية موصلة على التوازي .

٤ - في السؤال الثاني عشر اذكر العلاقة الرياضية التي يمكن من خلالها إيجاد كلاً من :

التيار الكلي I - المقاومة الكلية Z

٥ - وضح بالرسم مخطط المتجهات للتيارات و المقاومات لدائرة تحتوي على مقاومة مادية ومفاعلة سعوية ومفاعلة حثية موصلة على التوازي .

٦ - في السؤال الرابع عشر أذكر العلاقة الرياضية التي يمكن من خلالها إيجاد كلاً من :

التيار الكلي I - المقاومة الكلية Z

٧ - في حال رنين التوازي اذكر حالة المقاومة الكلية Z والتيار I .

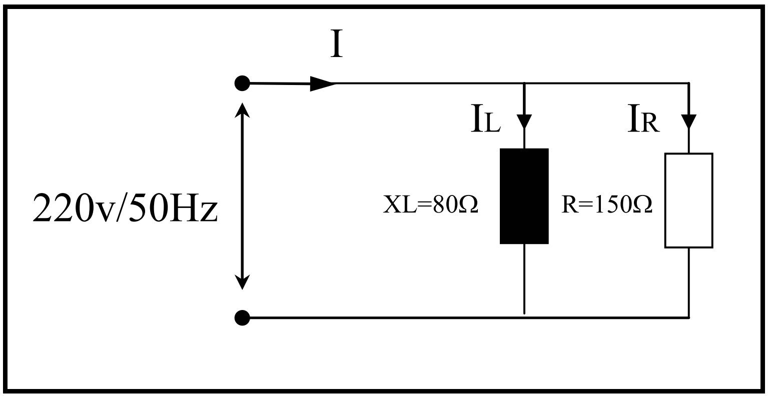
٨ - في الدائرة التالية احسب :

أ - شدة التيار الكلي.

ب - المعاوقة الكلية.

ج - القدرة الظاهرية.

د - زاوية الإزاحة.


I
IL
IR
220v/50Hz
XL=80Ω
R=150Ω

٩ - احسب المقاومة الكلية Z للتوصيل على التوازي المكون من المقاومات التالية:

$XL = 50\ \Omega$, $R2 = 150\ \Omega$, $R1 = 100\ \Omega$

١٠ - دائرة مكونة من مقاومة مادية $R=80\ \Omega$ ومفاعلة حثية $XL=100\ \Omega$ وصلت بالتوازي بجهد متردد 220V/50HZ عين ما يلي:

أ - التيار الكلي ومعامل القدرة.

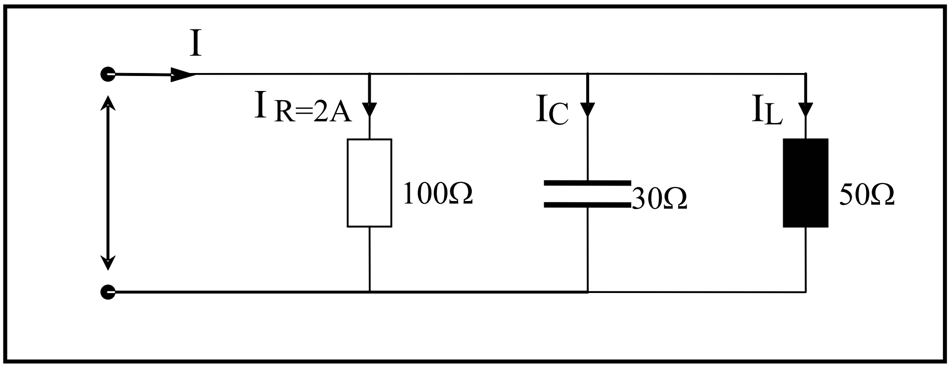
ب - إذا وصل على التوازي مع الدائرة مكثف سعته $5\ \mu F$ عين التيار الكلي ومعامل القدرة $5\ \mu F$ عين التيار الكلي ومعامل القدرة.

١١ - في الدائرة التالية احسب ما يلي:

أ - شدة التيار الكلي.

ب - المعاوقة الكلية.

ج - القدرات P , Q , S



مقارنة بين دوائر التوالي ودوائر التوازي:

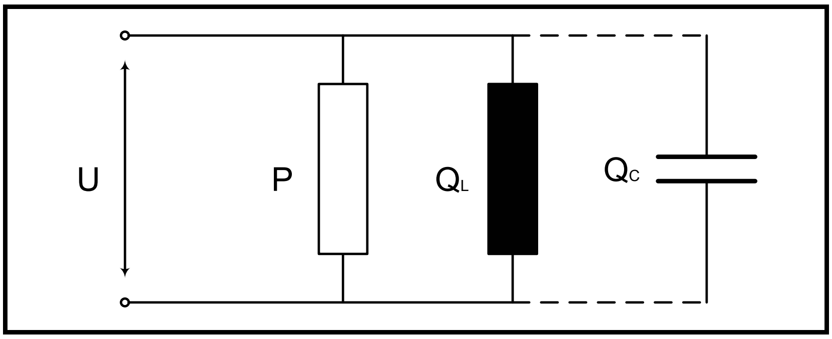
مما سبق دراسته نستطيع أن نعمل المقارنة التالية بين دوائر التيار المتردد المتصلة على التوالي والمتصلة على التوازي.

دوائر التوالي	دوائر التوازي
- يؤخذ اتجاه التيار كإسناد عند رسم مخطط المتجهات للجهود.	- يؤخذ الجهد الكلي كإسناد عند رسم مخطط المتجهات للتيارات.
- المعاوقة الكلية تكون كبيرة.	- المعاوقة الكلية تكون أقل من أصغر المعاوقات في الدائرة.
- عند الرنين تكون المعاوقة الكلية أصغر ما يمكن وتساوي قيمة المقاومة المادية.	- عند الرنين تكون المعاوقة الكلية أكبر ما يمكن وتساوي قيمة المقاومة المادية.
- يكون التيار المار في الدائرة عند الرنين أكبر ما يمكن.	- يكون التيار عند الرنين أصغر ما يمكن.
- تظهر جهود على المفاعلة الحثية والسعوية أكبر من الجهد الكلي عند الرنين.	- يحسب المكثف والملف تيارات أكبر من التيار الكلي عند الرنين.
- معامل القدرة $Cos\,\varphi = \frac{R}{Z}$	- معامل القدرة $Cos\,\varphi = \frac{Z}{R}$

معادلة التيار المفاعل(تحسين معامل القدرة):

لما كانت الأحمال الحثية (الملفات، المحركات، المحولات) تسحب تياراً مفاعل يتأخراً عن الجهد بزاوية مقدارها °90 وكذلك تسحب تياراً فعالاً والذي يتحول إلى ضوء أو حرارة أو حركة ميكانيكية لذلك فان التيار الكلي يكون عبارة عن الجمع الهندسي للتيار المفاعل والفعال. مما يسبب إزاحة طورية تقل عن °90 بين الجهد الكلي للحمل والتيار وكلما زادت زاوية الإزاحة كلما كان التيار المفاعل كبيراً وهذا التيار المفاعل عالي القيمة يجب نقله بواسطة الموصلات والمحولات مما يسبب في رفع اقتصادية المنشأة وكذلك زيادة هبوط الجهد وزيادة المفاقيد الحرارية.

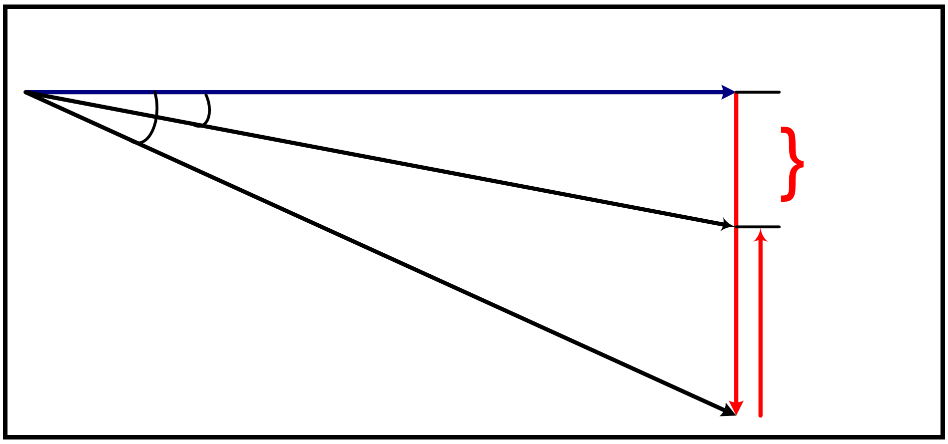
ولما كانت المكثفات تسحب تياراً مفاعلاً متقدماً عن الجهد بزاوية مقدارها °90 أي معاكساً لتيار الملف المفاعل كذلك يمكن استخدام هذه الخاصية للمكثفات لتقليل التيار المفاعل الكلي المسحوب من قبل الأحمال الحثية وبذلك يقل التيار الكلي المسحوب من المحولات أو المولدات مما يقلل المفاقيد وهبوط الجهد وهذا يرفع من اقتصادية المنشأة ولدراسة تأثير المكثف على مقدار التيار المفاعل ومن ثم معامل القدرة سوف ندرس دائرة التوازي التالية:



شكل ٤ -١٧

عند توصيل مكثف على التوازي مع الدائرة فان المكثف يسحب تياراً مفاعلاً متقدماً عن الجهد بزاوية °90 نلاحظ أن توصيل المكثف أدى إلى تقليل التيار الكلي المسحوب وكذلك خفض معامل القدرة مع المحافظة على التيار الفعال المسحوب دون تغيير.

مخطط متجهات القدرة التالي يوضح القدرات بعد المعادلة.



شكل ٤ -١٨

نلاحظ من المخطط السابق أن توصيل المكثف يقلل من القدرة المفاعلة الكلية المسحوبة وكذلك القدرة الظاهرية مما يؤدي إلى الحاجة إلى محولات ومولدات ذات قدرة ظاهرية أقل.

مما سبق نستنتج إن معادلة التيار المفاعل (تحسين معامل القدرة) تهدف إلى ما يلي:

١ - تقليل التيار المسحوب من المنبع مما يؤدي إلى خفض الجهد المفقود وكذلك القدرة المفقودة وأيضاً إلى الحاجة إلى استعمال موصلات ذات مساحة مقطع أقل.

٢ - يقلل القدرة الظاهرية للمولدات والمحولات.

٣ - يترتب على ما سبق خفض تكاليف المنشآت وكذلك خفض تكاليف الطاقة.

حساب سعة مكثف المعادلة اللازم:

نفرض وجود منشأة تسحب قدرة فعالة مقدارها P عند معامل قدرة $\cos\varphi_1$ ويراد تحسين معامل القدرة $\cos\varphi_2$. المطلوب معرفة سعة المكثف اللازم لتحقيق هذا الغرض.

نحسب أولاً القدرة المفاعلة قبل المعادلة $Q1 = P \times \tan\varphi_1$

ثم نحسب القدرة المفاعلة بعد المعادلة $Q1 = P \times \tan\varphi_2$

فيكون الفرق بينهما عبارة عن القدرة المفاعلة اللازم أن يعطيها المكثف (Qc) أي أن:

$$Qc = Q_1 - Q_2$$

ومنها نستطيع حساب سعة المكثف (C) كما يلي

$$C = \frac{Qc}{2\times\pi\times f \times U^2} \quad F$$

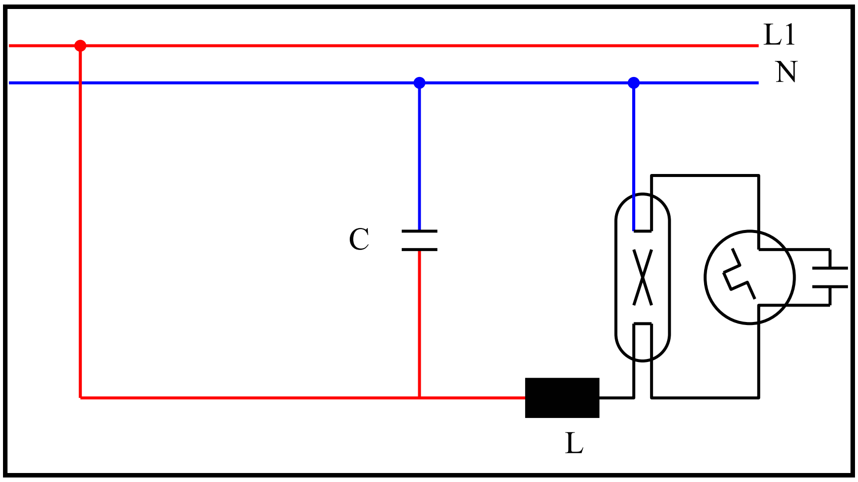
f: التردد (HZ) U : جهد المنبع (V)

$$Q = P \cdot \tan \varphi$$

طرق معادلة التيار المفاعل:

تتم معادلة المفاعل بعدة طرق أهمها ما يلي:

١ - توصيل مكثفات بالتوازي مع الأحمال كما سبق وعرفنا. الشكل التالي يوضح كيفية استخدام مكثفات التوازي بغرض تحسين معامل القدرة لمصباح فلورسنت، وهذه الطريقة من أكثر الطرق شيوعاً.



شكل ٤ -١٩

٢ - استعمال المحركات التوافقية، حيث يكون المحرك بدون حمل ويستعمل في أغراض تحسين معامل القدرة.

٣ - توصيل مكثفات بالتوالي مع الأحمال. ولكن هذه الطريقة محدودة الاستعمال نظراً لكونها مقاومة في طريق التيار.

أمثلة ومسائل على معادلة التيار المفاعل(تحسين معامل القدرة)

مثال ١ :

محرك كهربائي 220V/50HZ يعمل بالتيار المتردد قدرته P2=5KW ومعامل القدرة Cos φ=0.65

احسب سعة المكثف اللازم لكي يصبح معامل القدرة

η = 0.8 Cos φ=1

المعطيات:

$U = 220v \quad ; \quad f = 50\ Hz \quad ; \quad P2 = 5\ KW \quad ; \quad Cos\varphi = 0,65 \quad ; \quad \eta = 0,8$

المطلوب:

$C \quad to \quad Cos\varphi = 1$

الحل :

$$P_1 = \frac{P2}{\eta}$$

$$= \frac{5000}{0,8} = 6250\ W$$

$$Cos\ \varphi = 0,65 \quad \Rightarrow \quad \tan\varphi_1 = 1,16$$

$$Q_1 = P_1 \times \tan\varphi_1$$

$$= 6250 \times 1,16 = 7250\ VAR$$

$$Cos\ \varphi = 1 \quad \Rightarrow \quad \tan\varphi_1 = 0$$

$$Q_2 = P_2 \times \tan\varphi_2$$

$$= 5000 \times 0 = 0$$

$$Q_C = Q_1 - Q_2$$

$$= 7250 - 0 = 7250\ VAR$$

$$C = \frac{Qc}{2\times\pi\times f\times U^2}$$

$$= \frac{7250}{2\times 3,14\times 50\times(220)^2} = 4,77\times 10^{-4}\ F = 477\ \mu F$$

مثال (٢) :

يولد مولد تيار أحادي الوجه جهداً مقداره 230 علماً أن قدرته 80KVA احسب القدرة الفعالة التي يمكن أن يعطيها للشبكة إذا أريد تحسين معامل القدرة $Cos\ \varphi = 0,7$ إلى $Cos\ \varphi = 0,9$

المعطيات:

$U = 230v \quad ; \quad S = 80KVA \quad ; \quad \text{from} \quad Cos\varphi = 0,7 \quad \text{to} \quad Cos\varphi = 0,9$

المطلوب:

$P2$

الحل :

$$P = S \times Cos\ \varphi$$
$$P1 = 80 \times 0,7 = 56\ KW$$
$$P_2 = 80 \times 0,9 = 72\ KW$$

حل آخر :

$$S = U \times I \quad \Rightarrow \quad I = \frac{S}{U} = \frac{80000}{230} = 347.8\ A$$

$$P_1 = U \times I \times Cos\ \varphi_1 = 230 \times 347,8 \times 0,7 = 56000\ W$$
$$P_2 = U \times I \times Cos\ \varphi_2 = 230 \times 347,8 \times 0,9 = 72000\ W$$

مثال (٣) :

قيست القيم التالية في حمل أحادي الوجه 220V/50HZ فوجدت

- قبل المعادلة 22 A , 4 KW , 220 V
- بعد المعادلة 19 A , 4 KW , 220 V

احسب

١ - معامل القدرة قبل المعادل وبعدها.

٢ - القدرات الظاهرية والمفاعلة قبل المعادلة وبعدها.

٣ - سعة المكثف اللازم.

المعطيات:

$U=220\ V\ ,\ P=4\ KW\ ,\ I=22\ A\ ,\ f=50Hz \Leftarrow befor$

$U=220\ V\ ,\ P=4\ KW\ ,\ I=19\ A\ ,\ f=50Hz \Leftarrow after$

المطلوب:

$Cos\varphi\ ,\ S\ ,\ Q \Leftarrow befor$

$Cos\varphi\ ,\ S\ ,\ Q \Leftarrow after$

C

الحل :

$$1)\ Cos\ \varphi_1 = \frac{P}{U \times I}$$

$$= \frac{4000}{220 \times 22} = 0{,}82 \Rightarrow \varphi = 34{,}9° \Rightarrow Sin\ \varphi_1 = 0{,}57$$

$$Cos\ \varphi_2 = \frac{P}{U \times I}$$

$$= \frac{4000}{220 \times 19} = 0{,}95 \Rightarrow \varphi = 18{,}2° \Rightarrow Sin\ \varphi_2 = 0{,}31$$

$$2)\ S1 = U \times I_1$$

$$= 220 \times 22 = 4840\ VA$$

$$S2 = U \times I_2$$

$$= 220 \times 19 = 4180\ VA$$

$$Q1 = U \times I_1 \times Sin\ \varphi_1$$

$$= 220 \times 22 \times 0{,}57$$

$$= 2758{,}8\ VAR$$

$$Q2 = U \times I_2 \times Sin\ \varphi_2$$

$$= 220 \times 19 \times 0{,}31$$

$= 1295{,}8\ VAR$

$Qc = Q1 - Q2$

$= 2770 - 1305$

$= 1463\ VAR$

$$C = \frac{Qc}{2 \times \pi \times F \times U^2}$$

$$= \frac{1463}{2 \times 3{,}14 \times 50 \times (220)^2}$$

$= 9{,}63 \times 10^{-5}\ F$

$= 96{,}3\ \mu F$

اختبر معلوماتك

١ - قارن بين دوائر التوالي وبين دوائرالتوازي .

٢ - وضح مستعيناً برسم المتجهات كيف يمكن تحسين معامل القدرة في منشأة صناعية ؟

٣ - إلى ما تهدف معادلة التيار المفاعل ؟

٤ - اذكر الصيغة الرياضية التي يمكن من خلالها حساب سعة المكثف اللازم للمعادلة ؟

٥ - عدد طرق معادلة التيار المفاعل .

٦ - محرك كهربائي (50 Hz , 220 V , 2,5 KVAR) احسب سعة مكثف التحسين اللازم بوحدة μF .

٧ - احسب القدرة الاسمية لمكثف تحسين سعته C = 250μF عند جهد 380V , 50Hz.

٨ - احسب التيار المسحوب عند التوصيل على جهد 50Hz , 220V. لمكثف ذو قدرة اسمية 2KVAR .

المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

مبادئ التيار المتردد

آلات التيار المتغير

آلات التيار المتغير

٥

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة : مــعرفة المواضيع التالية :

- التيار المتردد ثلاثي الأوجه.
- طرق توصيل الأوجه الثلاثة (نجمة – دلتا) وحل بعض التمارين الخاصة بالموضوع.
- القدرة ثلاثية الأوجه وحل بعض التمارين الخاصة بالموضوع.

الأهداف :

عندما تكمل هذه الوحدة يكون لدى الطالب القدرة على :

١. إن يتعرف على النظام ثلاثي الاوجه.

٢. إن يعرف العلاقة بين قيم الخط والوجه للتيار في حالتي التوصيل نجمة دلتا .

٣. إن يميز بين طرق توصيل الأوجه الثلاثة (نجمة – دلتا).

٤. إن يحسب كلاً من الجهد والتيار والقدرة في حالة التوصيل نجمة او دلتا .

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل الطالب إلى إتقان الجدارة بنسبة ٨٥٪ .

الوقت المتوقع للتدريب : ١٢ ساعات .

الوسائل المساعدة :

- جهاز العرض العلوي لعرض الصور .
- نماذج .

متطلبات الجدارة :

يجب معرفة ما سبق دراسته في الوحدات السابقة.

التيار المتردد ثلاثي الأطوار:

هو عبارة عن مجموعة من التيارات المترددة المترابطة مع بعضها البعض ومزاحة عن بعض بزاوية مقدارها ١٢٠°.

الحصول على التيار المتردد ثلاثي الأطوار:

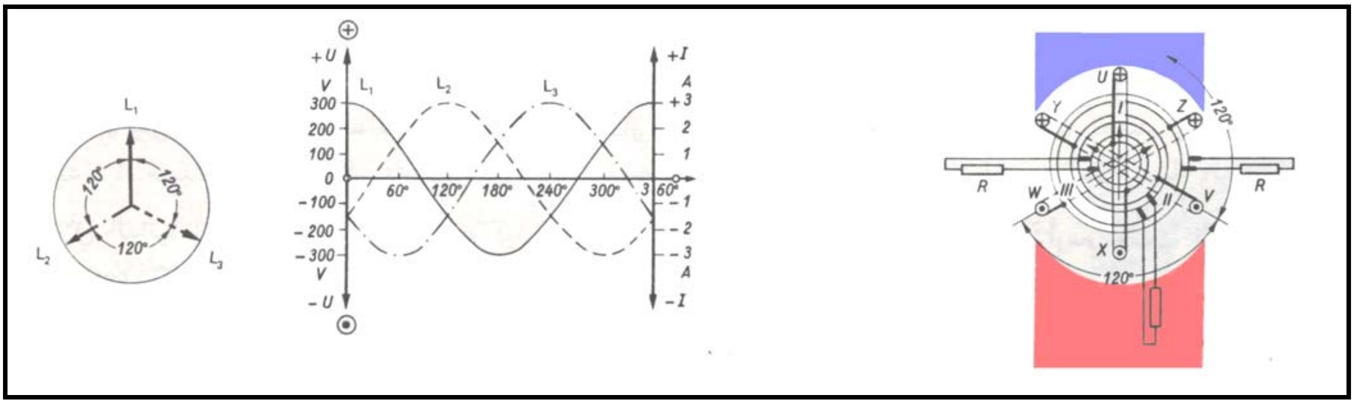
يمكن الحصول على التيار المتردد ثلاثي الأطوار إذا احتوى عضو الاستنتاج لمولد التيار المتردد على ثلاثة لفائف منفصلة ومتشابهة بدل من لفيفة واحدة ويكون بين هذه اللفائف الثلاثة في الآلة ذات القطبين زاوية إزاحة مقدارها ١٢٠° في الفراغ.

حيث يرمز لبدايات الملفات بالرمز W,V,U والنهايات بالرمز Z,Y,X بالترتيب. عندما يدار العضو الدائر يتولد في كل لفيفة جهد متردد.

وبما أن اللفائف متشابهة ومزاحة عن بعضها ١٢٠° درجة في الفراغ لذلك فإن ثلاثة جهود متساوية تتولد ويكون بينها زاوية إزاحة مقدارها ١٢٠°.

وإذا ما وجدت مقاومة أومية في طريق التيار لكل ملف تسري ثلاث تيارات متوافقة مع الجهود الثلاثة أي أن التيارات تكون بينها زاوية ازاحة ١٢٠° أيضاً.

نلاحظ انه في هذه الحالة لنقل التيار يلزم ستة موصلات. الشكل (٥ -١) يوضح ذلك:



شكل ٥ -١

ويمكن استغلال المولد ثلاثي الأطوار بصورة أفضل من المولد ذو الطور الواحد حيث أنه يمثل استغلال أفضل للفراغ الموجود في عضو الاستنتاج دون زيادة ملحوظة في التكاليف أو المفاقيد أ و الاحتكاك.

ويمكن تقليل عدد الدوائر اللازمة لنقل التيار المتردد ثلاثي الأطوار وذلك بتوصيل اللفائف بطرق خاصة للحصول على دوائر مترابطة مع بعضها كما سنتناول في ما يلي:

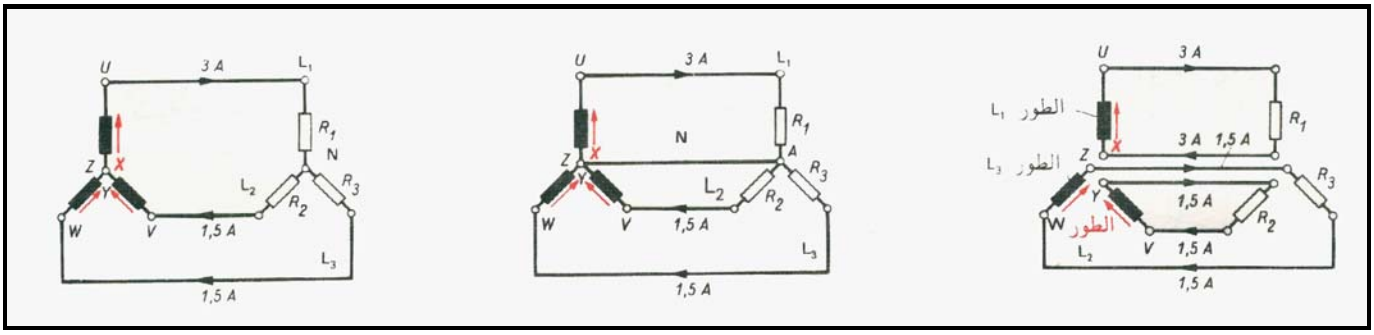
أولاً : التوصيل النجمي :

يبين الشكل التالي (أ) لفائف الأطوار الثلاثة L1 , L2 , L3 لمولد تيار ثلاثي الأطوار مع موصلاتها الستة. محملة بمقاومة اومية لكل طور.

ويبين الشكل (ب) انه يمكن استبدال الموصلات الثلاثة الواصلة لنهايات الملفات X , Y , Z بموصل مشترك يسمى موصل التعادل (N) وبذلك تتحد نهايات الأحمال أيضاً ونظراً لأنه يشبه شكل النجمة فانه يسمى بالتوصيل النجمي (Star Connection) ويطلق على هذا التوصيل شبكة تيار متردد ذات أربعة موصلات (بالسلك المحايد).

ولما كان مجموع التيارات المارة في الموصل المتعادل يساوي صفراً لذلك أمكن الاستغناء عنه في حالة التحميل المتماثل ونحصل في هذه الحالة على شكل (ج) ونعرف شبكة تيار متردد بثلاثة موصلات (بدون السلك المحايد) في شبكة تيار ثلاثية الأطوار يكون مجموع الجهود على الأطوار الثلاثة عند كل لحظة يساوي صفر.

كذلك فان مجموع التيارات عند كل لحظة يساوي صفر في حالة التحميل المتماثل.



(ج) (ب) (أ)

شكل ٥ -٢

علاقة التيارات والجهود في التوصيل النجمي:

يمكن تعريف نوعين من الجهود والتيارات في دوائر ثلاثية الأطوار وهي كما يلي:

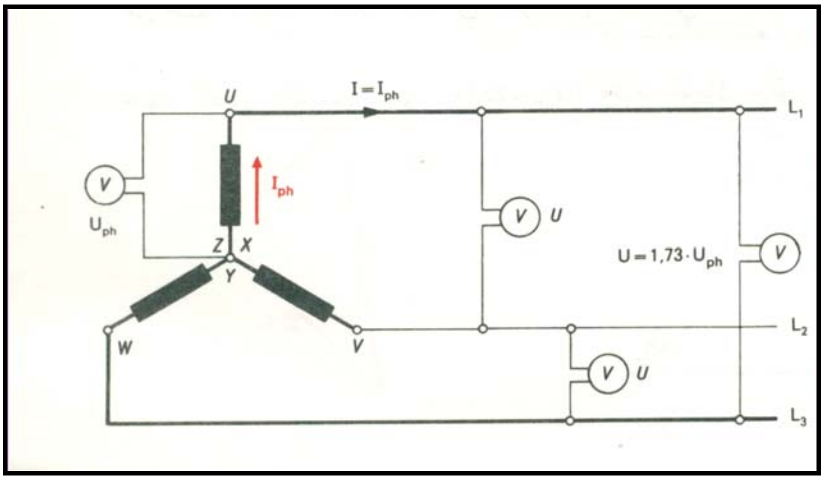
جهد الخط (U_L): وهو الجهد الواقع بين أي خطين من الخطوط الخارجية L_3,L_2,L_1 .

جهد الطور ، الوجه (U_{ph}): وهو الجهد الواقع بين طرفي أي ملف من الملفات الثلاثة أو بين أحد الخطوط الخارجية L_1,L_2,L_3 وبين نقطة التعادل (N) في حالة النجمة.

تيار الخط (I_L): وهو التيار المار في أي من الخطوط الخارجية.

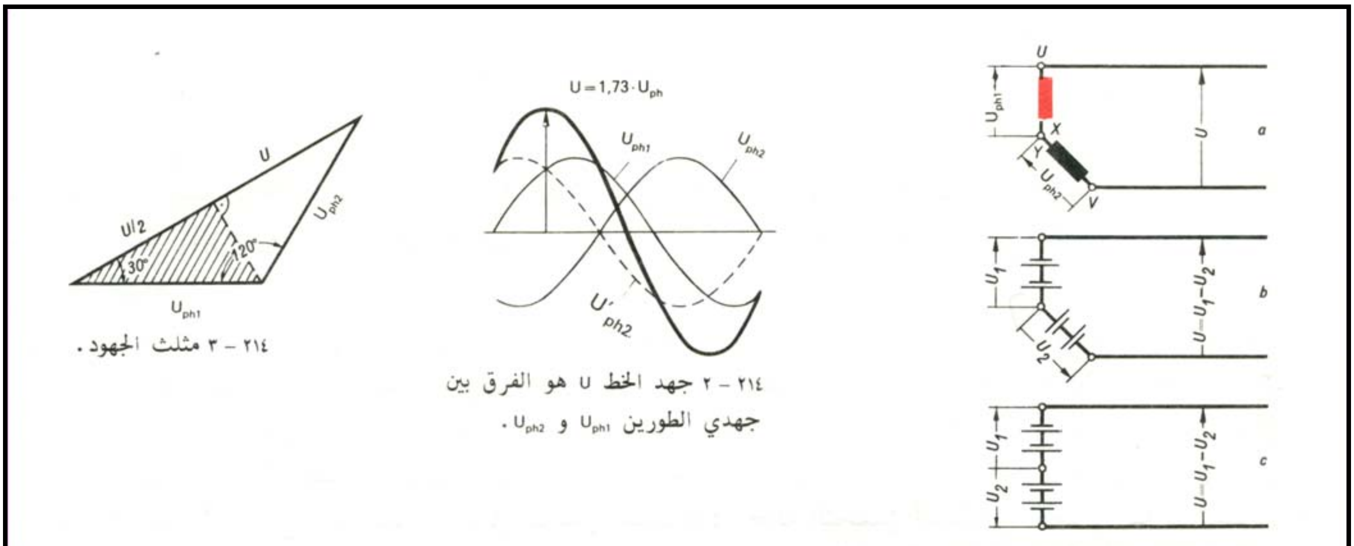
تيار الطور، الوجه (I_{Ph}): وهو التيار المار في أي من الملفات الثلاثة.

الدائرة التالية توضح هذه الجهود والتيارات في الدائرة النجمية الشكل (٥ -٣):



شكل ٥ -٣

ولمعرفة العلاقة بين جهد الخط (U_L) وجهد الوجه (U_{ph}) في حالة التوصيل النجمي نلاحظ أن جهد الخط هو عبارة عن الجمع الهندسي لجهد وجهين متجاورين كما يلي في الشكل (٥ -٤):



شكل ٥ -٤

من المثلث السابق

$$\cos 30° = \frac{\frac{UL}{2}}{Uph}$$

$$\therefore \frac{UL}{2} = U_{ph} \times \cos 30° \qquad \rightarrow \qquad \cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\therefore \frac{UL}{2} = U_{ph} \times \frac{\sqrt{3}}{2}$$

نستنتج من ذلك أن:

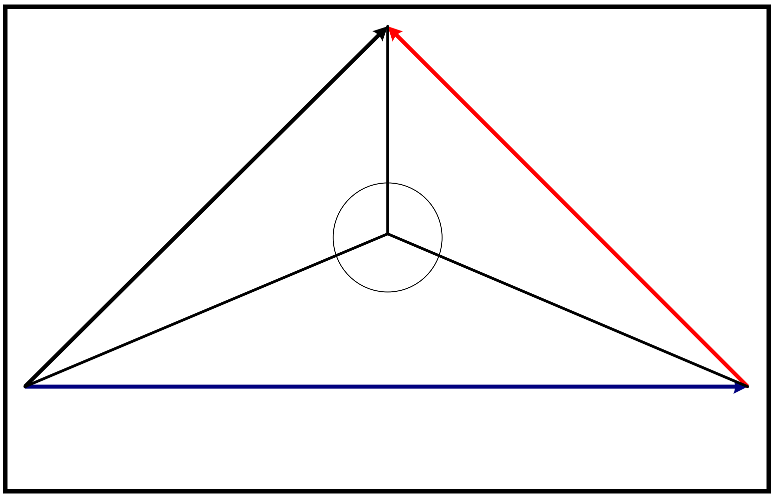
$$U_L = \sqrt{3} \times Uph$$

أي أن جهد الخط (U_L) يساوي 1,73 مرة من جهد الطور (Uph) في حالة التوصيل النجمي.

كما نلاحظ في الدائرة السابقة فإن لفيفة الطور موصلة على التوالي مع الخط الواصل إليها وحيث إنه لا يوجد هناك نوع للتيار الداخل أو الخارج لذلك فإن شدة تيار الطور مساوية لتيار الخط (I_L).

أي أن $I_L = Iph$

مما سبق نستطيع رسم مخطط المتجهات للجهود لدائرة التوصيل النجمي كما يلي في الشكل (٥ -٥) (التحميل متماثل):



شكل ٥ -٥

من المخطط السابق يتبين لنا أن مجموع جهود الوجه يساوي صفر وكذلك مجموع جهود الخط.

التوصيل النجمي باستعمال السلك المحايد:

عند توصيل الموصل المحايد إلى نقطة التفرع النجمية للملفات الثلاثة لمولد تيار متردد ثلاثي الأطوار في محول ثلاثي الأطوار ثم يتم توصيله للمستهلك فإننا نحصل على شبكة ثلاثية الأطوار ذات أربعة موصلات وعند ذلك يتوفر للمستهلك نوعان من الجهود هما:

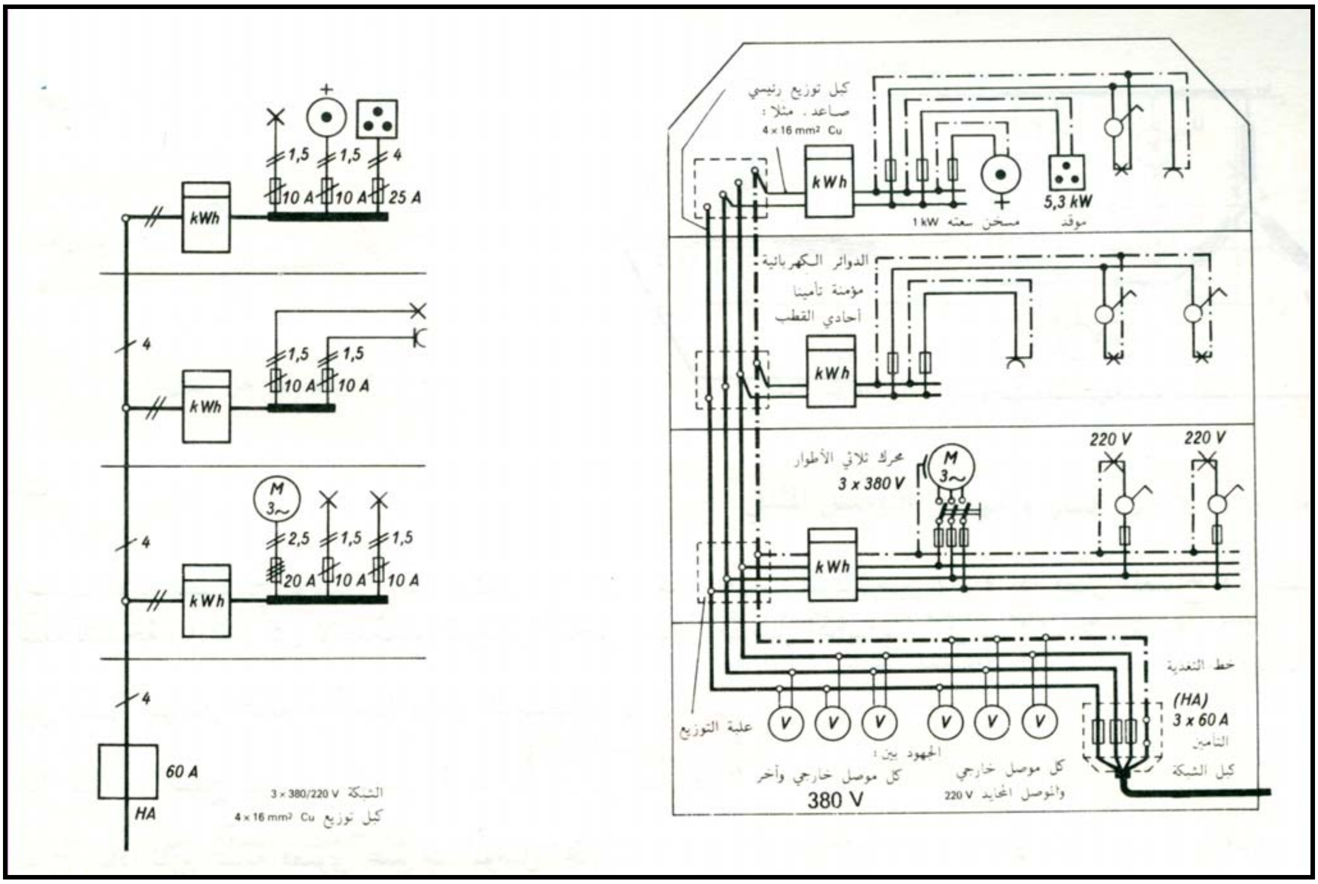
١ - جهد الخط UL والواقع بين كل موصلين خارجيين.

٢ - جهد الوجه Uph والموجود بين خط التعادل وأي من الموصلات الخارجية وبذلك تتوفر للمستهلك إمكانيات التوصيل الآتية:

أ - الأحمال ثلاثية الأطوار مثل المحركات وأفران التسخين ذات القدرة العالية وسخانات المياه والموقد حيث توصل مع الخطوط الخارجية.

ب - أحمال الإضاءة والأجهزة والمحركات ذات القدرة المنخفضة حيث توصل بين أي من الموصلات الخارجية وخط التعادل.

الشكل (٥ -٦) يبين شبكة توزيع ثلاثية الأطوار بأربعة موصلات موضحاً عليها كيفية توزيع الأحمال على الأوجه المختلفة للحصول على تحميل متساوي على الأوجه الثلاثة:



شكل ٥ -٦

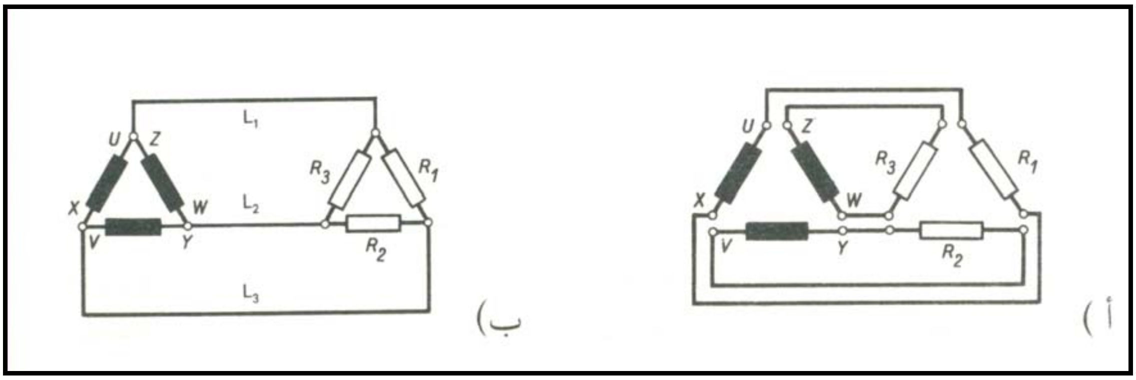
كذلك وجود السلك المحايد يوفر إمكانية استعماله لأغراض الحماية من الصدمة الكهربائية وذلك عند توصيله مع الأرض. ويجب عزل الموصل المحايد مثل الموصلات الأخرى ويجب مده بنفس العناية أيضاً.

ثانياً: التوصيل المثلثي:

في الشكل (٥ -٧) (أ) يبين اللفائف الثلاثة للمولد مرتبة على هيئة مثلث وكذلك بالنسبة للحمل ويسمى هذا التوصيل بالتوصيل غير المترابط.

ويمكن الحصول على التوصيل المترابط وذلك باستبدال كل موصلين متجاورين بموصل مشترك وبذلك نحصل على التوصيل المثلثي المترابط. والذي فيه توصل نهاية الملف الأول X مع بداية الثاني V ونهاية الملف الثاني Y مع بداية الثالث W ونهاية الثالث Z مع بداية الأول U. شكل (ب).

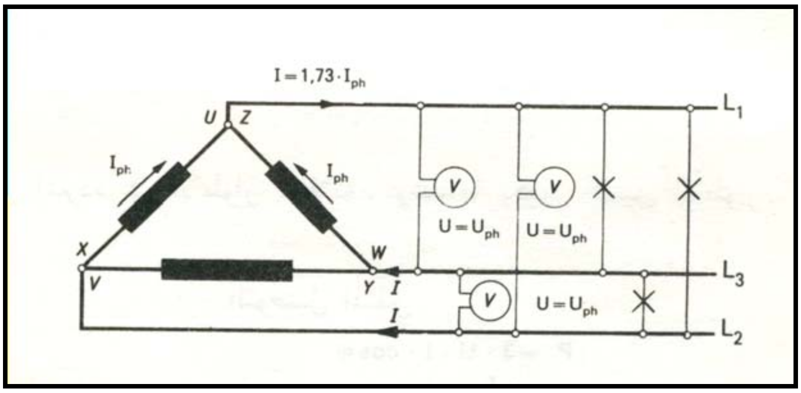
مرة أخرى يكون مجموع الجهود في هذه الحالة مساوياً للصفر في حالة التحميل المتماثل. إذا لم يمر تيار في الأطوار الثلاثة.



شكل ٥ -٧

علاقة الجهود والتيارات في التوصيل المثلثي:

الشكل (٥ -٨) يوضح الجهود والتيارات المختلفة للأطوار الثلاثة في حالة التوصيل المثلثي:



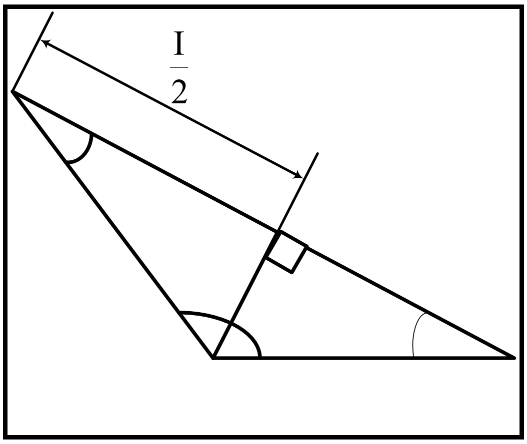
شكل ٥ -٨

من الشكل السابق نلاحظ أن أي موصلين يتصلان دائماً بلفيفة طور واحدة لذلك فان جهد الخط (U_L) يتساوى تماماً مع جهد الطور (U_{Ph}) أي أن:

$$U_L = U_{ph}$$

عند تحميل الشبكة على كل طور فإن أحد الموصلات الخارجية في لحظة ما يكون موصلاً ذهاباً للتيار وكلا الموصلين الآخرين موصلات إياباً ولكن في لحظة تالية يكون الموصل الثاني هو موصل ذهاباً والأول والثالث هما موصلا عودة وهكذا.

ويمكن تعيين العلاقة بين تيار الوجه (I_{ph}) وتيار الخط (I_L) من الشكل (٥ -٩). وحيث إن تيارات الأوجه مزاحة أيضاً بزاوية ١٢٠°.



شكل ٥ -٩

$$\text{Cos } 30° = \frac{\frac{IL}{2}}{Iph}$$

$$\therefore \text{ Cos } 30° \times I_{ph} = \frac{IL}{2} \qquad \rightarrow \qquad \text{Cos } 30° = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

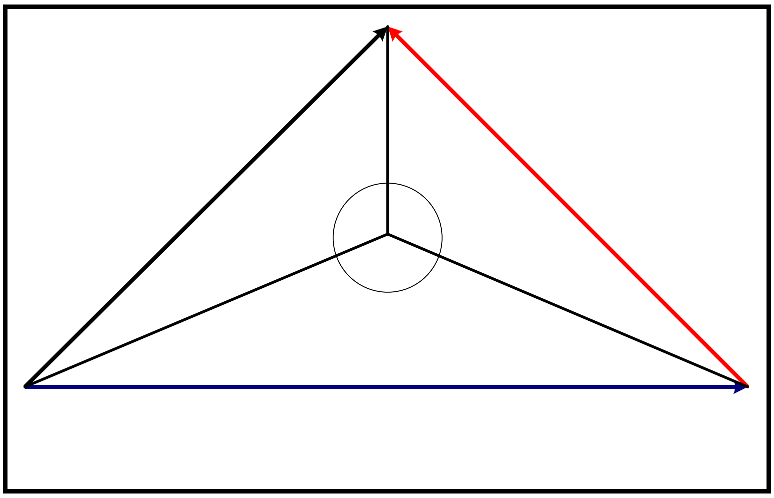
$$\therefore \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \times I_{ph} = \frac{IL}{2}$$

نستنتج من ذلك أن:

$$I_L = \sqrt{3} \times I_{ph}$$

أي أن تيار الخط (I_L) في حالة التوصيل المثلثي يساوي 1,73 من تيار الوجه (I_{ph}).

مخطط المتجهات للتيار:



شكل ٥ -١٠

من الشكل (٥ -١٠) نلاحظ أن مجموع تيارات الأوجه الثلاثة يساوي صفراً وكذلك مجموع تيارات الخطوط الثلاثة في حالة التحميل المتساوي.

IL1

قدرة التيار المتردد ثلاثي الأطوار

تساوي القدرة في حالة الدوائر ثلاثية الأطوار مجموع قدرات الأوجه الثلاثة في حالة التحميل المتماثل.

وكما سبق بالنسبة لدوائر التيار المتردد فإنه يوجد ثلاثة أنواع من القدرات هي:

١ - القدرة الظاهرية (S) : وتساوي ثلاثة أضعاف جهد الوجه في تيار الوجه أي أن:

$$S = 3 \times U_{ph} \times I_{ph}$$

٢ - القدرة الفعالة (P) : $P = 3 \times U_{ph} \times I_{ph} \times \cos\varphi$

٣ - القدرة المفاعلة (Q) : $Q = 3 \times U_{ph} \times I_{ph} \times \sin\varphi$

ويمكن استعمال العلاقات بين الجهود والتيارات في حالتي التوصيل النجمي والمثلثي لاشتقاق القدرة المستهلكة بدلالة بيانات الخط كما يلي:

نجمي:

$$P = 3 \,.\, U_{ph} \,.\, I_{ph} \,.\cos\varphi$$

$$P = 3 \,.\left(\frac{UL}{\sqrt{3}}\right).I_L.\cos\varphi$$

$$P = \sqrt{3} \,.\, U_L.I_L \,.\cos\varphi$$

مثلثي:

$$P = 3 \,.\, U_{ph} \,.\, I_{ph} \,.\cos\varphi$$

$$P = 3 \,.U_L \,.\left(\frac{IL}{\sqrt{3}}\right).\cos\varphi$$

$$P = \sqrt{3} \,.\, U_L.I_L \,.\cos\varphi$$

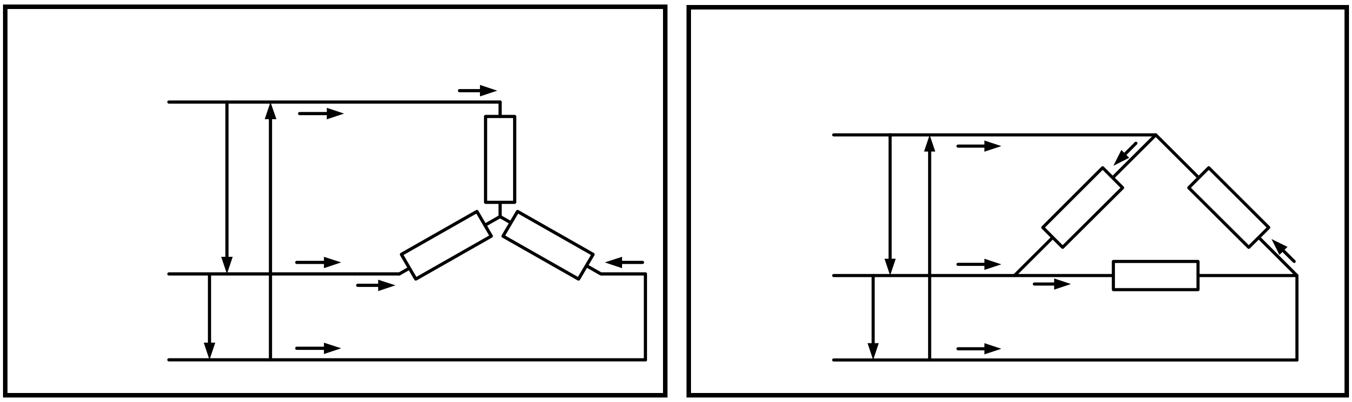
وبطريقة مماثلة نستنتج أنه في حالتي التوصيل النجمي والمثلثي:

$$S = \sqrt{3} \,.\, U_L.I_L$$

$$Q = \sqrt{3} \,.\, U_L.I_L \,.\sin\varphi$$

العلاقة بين القدرة في حالة التوصيل النجمي والمثلثي:

لمعرفة العلاقة بين القدرة في حالة التوصيل النجمي والمثلثي سوف نتناول ثلاثة مقاومات متساوية كل منها R=10Ω موصلة مرة مثلثياً وأخرى نجمياً كما في الشكل (٥ -١١) على جهد متردد ثلاثي الأطوار 400V ونحسب في كل حالة القدرة المستهلكة في الحمل:



شكل ٥ -١١

$$Iph = \frac{Uph}{R}$$

$$= \frac{400}{10} = 40A$$

$$Php = Iph^2 \times R$$

$$= (40)^2 \times 10 = 16000W$$

$$P = 3\times Pph = 3\times 16000 = 48000W$$

$$P = 48\ KW.$$

$$Iph = \frac{Uph}{R}$$

$$= \frac{\frac{400}{\sqrt{3}}}{10} = 23\ A$$

$$Php = Iph^2 \times R$$

$$= 5290W$$

$$P = 3\times Pph = 3\times 5290 = 15870$$

$$P = 15,87\ KW.$$

مما سبق نستنتج أن قدرة الحمل الموصل مثلثياً هي ثلاثة أضعاف قدرة الحمل المتصل نجمياً. أي أن:

$$P_\Delta = 3\times P_Y$$

نجمي

L1 I

قياس الجهد والتيار في دوائر التيار ثلاثية الأطوار:

يقاس الجهد بين الخطوط في الدوائر ثلاثية الأطوار حيث يوصل الفولتميتر بينهما. ولمعرفة جهد الطور تستعمل العلاقات التالية:

توصيل نجمي : $Uph = \frac{UL}{\sqrt{3}}$

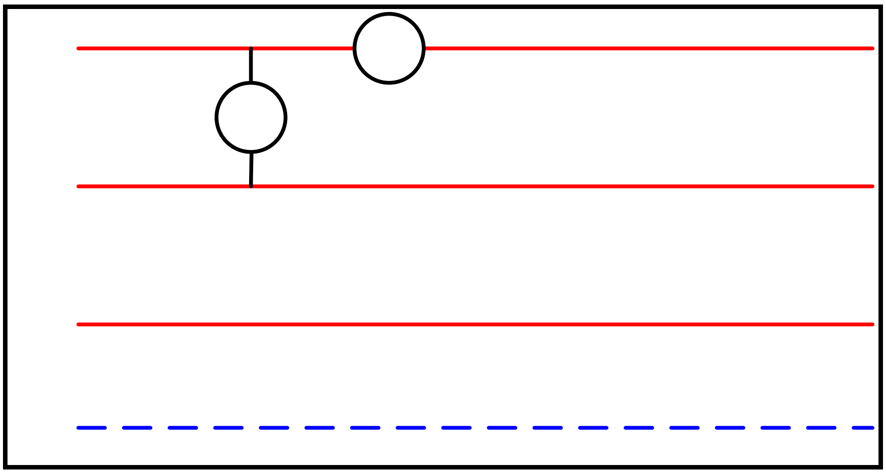
توصيل مثلثي : $Uph = U_L$

ولقياس التيار يوصل الأمبيرمتر على التوالي مع الخطوط الخارجية وبذلك يقيس الأمبيرمتر تيار الخط. ولمعرفة تيار الوجه (الطور) تستعمل العلاقات التالية:

توصيل نجمي : $Iph = I_L$

توصيل مثلثي : $Iph = \frac{IL}{\sqrt{3}}$

الدائرة (٥ -١٢) تبين كيفية قياس كل من الجهد والتيار في دوائر التيار المتردد ثلاثية الأطوار:

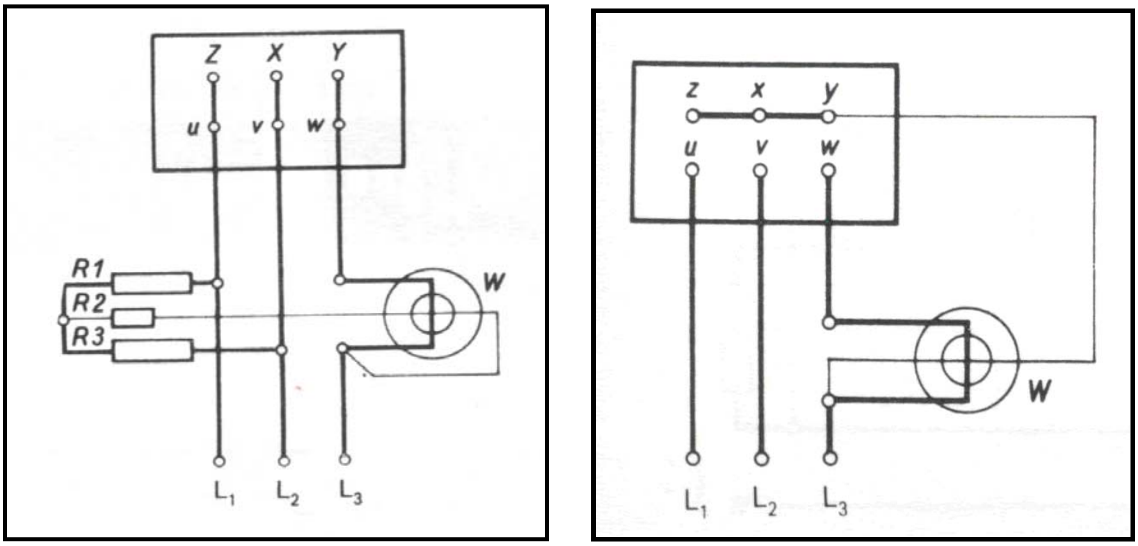


شكل ٥ -١٢

قياس القدرة الفعالة:

لقياس القدرة الفعالة في دوائر التيار المتردد ثلاثي الأطوار بعدة طرق منها:

١ - استعمال واتمتر واحد: حيث تقاس قدرة أحد الأوجه وتكون القدرة الكلية عبارة عن ثلاثة أضعاف هذا القدرة وتستعمل هذه الطريقة في حالة التحميل المتساوي على الأوجه الثلاثة ويوصل جهاز الواطتمتر كما في الدوائر التالية الشكل (٥ -١٣):



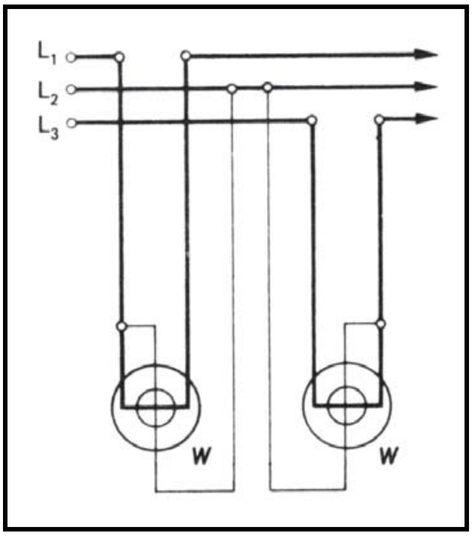
أ) إذا أمكن الوصول إلى نقطة التعادل.   ب) إذا تعذر الوصول إلى نقطة التعادل

شكل ٥ -١٣

٢ - استعمال دائرة الواتمترين (دائرة آرون): حيث يوصل مساري قياس التيار في خطين خارجيين ويوصل فرعي قياس الجهد بين كل من هذين الخطين والخط الثالث وتعطي مجموع قراءة الجهازين القدرة الكلية للتيار المتردد ثلاثي الأطوار أي أن:

$$P = P_1 + P_2$$

كما في الدائرة التالية الشكل (٥ -١٤):

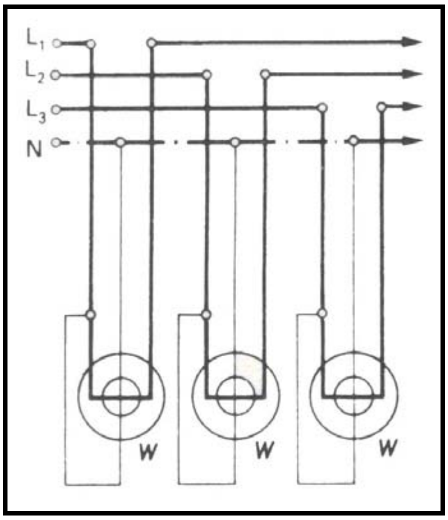


شكل ٥ -١٤

ليس من الضروري أن يكون انحراف الجهازين متساوي حيث يختلف انحراف مؤشر الجهازين تبعاً للإزاحة الطورية في الشبكة. كما ويمكن أن يكون أحد الجهازين ينحرف في الاتجاه السالب عند ذلك يجب طرح هذه القراءة من القراءة الأخرى للجهاز الأول.

وتستعمل دائرة آرون في حالتي التحميل المتساوي وغير المتساوي بدون الموصل المتعادل (N). وتكون النتائج دقيقة إذا كان مجموع التيارات في الخطوط الخارجية يساوي صفراً وذلك يتحقق في النظم ذات ثلاثة موصلات أما في الدوائر ذات الأربعة موصلات وتحميل غير متساوي لا تستخدم هذه الطريقة.

٣ - استعمال ثلاثة واتمترات: حيث تستعمل هذه الطريقة في حالات التحميل المتساوي وغير المتساوي للحصول على نتائج دقيقة في الدوائر ذات الأربعة موصلات الشكل (٥ -١٥):



شكل ٥ -١٥

تكون القدرة الكلية عبارة عن مجموع قراءة الأجهزة الثلاثة. أي أن:

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

قياس معامل القدرة (Cos ϕ):

يمكن تعيين معامل القدرة في الدوائر ثلاثية الأطوار وذلك بمعرفة كل من القراءة الفعالة P وكذلك قياس كل من جهد الخط (U_L) وتيار الخط (I_L) حيث يحسب معامل القدرة من العلاقة:

$$\text{Cos } \varphi = \frac{P}{\sqrt{3} \times UL \times IL}$$

ولمعرفة فيما إذا كان الحمل حثي أم سعوي أي بمعامل قدرة متأخر (حثي) أو متقدم (سعوي) يتم توصيل مكثفات على التوازي مع الحمل فإذا نقصت زاوية معامل القدرة فهذا يعني أن معامل القدرة للحمل متأخر وإذا زادت الزاوية فهذا يعني أن معامل القدرة متقدم.

في دائرة آرون يمكن حساب معامل القدرة من العلاقة التالية:

$$\tan \varphi = \sqrt{3} \times \frac{P2 - P1}{P2 + P1}$$

قياس القدرة المفاعلة:

بعد قياس القدرة الفعالة للحمل الثلاثي الأطوار وكذلك تعيين معامل القدرة بواسطة الطريقة السابقة يمكن تعيين القدرة المفاعلة من العلاقة التالية:

$$Q = P \times \tan \varphi$$

هذا ويمكن قياس القدرة المفاعلة بواسطة جهاز يسمى الفارومتر.

قياس القدرة الظاهرية:

يمكن معرفة القدرة الظاهرية للحمل الثلاثي الأطوار بمعرفة كل من الجهد والتيار حيث:

$$S = \sqrt{3} \times U_L \times I_L$$

كما ويمكن تعيين القدرة الظاهرية بعد تعيين معامل القدرة الفعالة للحمل من العلاقة التالية:

$$S = \frac{P}{Cos\,\varphi}$$

أمثلة ومسائل

أمثلة ومسائل على النظام ثلاثي الأوجه

ملخص القوانين

١) التوصيل النجمي :

$$U_L = \sqrt{3} \times U_{Ph}$$
$$I_L = I_{Ph}$$

٢) التوصيل المثلثي :

$$U_L = I_{PL}$$
$$I_L = \sqrt{3} \times I_{Ph}$$

٣) حساب تيار الوجه في حالتي النجمة والدلتا

$$I_{Ph} = \frac{Uph}{Zph}$$

٤) القدرة في حالة التيار المتردد ثلاثي الأطوار : Y / Δ

$P = \sqrt{3} \times U_L \times I_L \times \text{Cos}\ \phi$	قدرة فعالة
$Q = \sqrt{3} \times U_L \times I_L \times \text{Sin}\ \phi$	قدرة مفاعلة
$S = \sqrt{3} \times U_L \times I_L$	قدرة ظاهرية

مثال (١) :

١ - قيس الجهد بين خطين في شبكة تيار متردد ثلاثية الأطوار فكان 380V احسب جهد الوجه (الطور) في حالتي النجمة والدلتا.

نجمة $$Uph = \frac{UL}{\sqrt{3}}$$

$$= \frac{380}{1,73} = 220\ V$$

دلتا $$Uph = UL = 380\ V$$

مثال (٢) :

ثلاث مقاومات فعالة كل منها 22 Ω موصلة نجمياً على شبكة تيار متردد ثلاثية الأطوار 220V / 50 HZ أحسب

١ - جهد الطور (U_{Ph}).

٢ - تيار الطور (I_{Ph}).

٣ - تيار الخط (I_L).

٤ - قدرة الطور والقدرة الكلية.

الحل :

$$1)\ U_{Ph} = \frac{UL}{\sqrt{3}}$$

$$= \frac{220}{1,73} = 127\ V$$

$$2)\ I_{Ph} = \frac{Uph}{Zph}$$

$$= \frac{127}{22} = 5,78$$

$$3)\ I_L = I_{Ph} = 5,78\ A$$

$$4)\ P_{Ph} = U_{Ph} \times I_{Ph} \times \cos\varphi$$

$$= 127 \times 5,78 \times 1 = 734\ W$$

$$P = 3 \times P_{Ph}$$

$$= 3 \times 734 = 2202\ W$$

مثال (٣) :

قيس التيار في الخط الواصل إلى خزان مياه موصل على شبكة ثلاثية الأطوار 220 v/ 50 Hz فكان 15,8 A ، احسب القدرة التي يستهلكها الخزان بوحدة كيلوواط عند Cos φ =1

الحل :

$$P = \sqrt{3} \times U_L \times I_L \times \cos\varphi$$

$$= 1.73 \times 220 \times 15,8 \times 1$$

$$= 6013\ W$$

$$= \frac{6013}{1000} = 6,013\ KW$$

مثال (٤) :

احسب القدرة الفعالة التي يأخذها محرك تيار متردد ثلاثي الأطوار إذا وصل على جهد خط مقداره 380V ويسحب تيار شدته 12A عند معامل قدره 0,8 ثم احسب القدرة المفاعلة والظاهرية.

الحل :

$$P = \sqrt{3} \times U_L \times I_L \times \text{Cos}\,\varphi$$
$$= 1,73 \times 380 \times 12 \times 0,8 = 6311 \text{ W}$$
$$S = \sqrt{3} \times U \times I$$
$$= 1,73 \times 380 \times 12 = 7888,8 \text{ VA}$$
$$Q = \sqrt{3} \times U_L \times I_L \times \text{Sin}\,\phi$$
$$= 1.73 \times 380 \times 12 \times 0,6 = 4733 \text{ VAR}$$

مثال (٥) :

حمل تيار متردد ثلاثي الأطوار يسحب قدرة مقدارها 6,25KW ويعمل على جهد 380V ومعامل قدرة 0,85 احسب شدة التيار الذي يسحبه الحمل

الحل :

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times Cos\,\varphi}$$
$$= \frac{6250}{1,73 \times 380 \times 0,85} = 11.1 \text{ A}$$

مثال (٦) :

ثلاثة ملفات محاثة منها 0.1H وصلت مثلثياً على شبكة تيار متردد ثلاثية الأطوار 220V/50HZ احسب :

$$Q \ , \ P \ , \ I_L \ , \ I_{Ph}$$

الحل :

$$X_L = 2 \times \pi \times f \times L$$
$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,1 = 31,4\ \Omega$$
$$I_{Ph} = \frac{Uph}{Zph}$$

$$= \frac{220}{31,4} = 7\ A$$

$$I_L = \sqrt{3} \times I_{Ph}$$

$$= 1,73 \times 7 = 12,1\ A$$

$P = 0$ لانها محاثة بحته

$$Q = \sqrt{3} \times U_L \times I_L \times \sin\varphi$$

$$= 1,73 \times 220 \times 12,1 \times 1 = 4605$$

مثال (٧) :

ثلاثة ملفات متشابهة المقاومة المادية كل منها Ω 3 والمقاومة المفاعلة Ω 4 وصلت على هيئة نجمة على شبكة تيار متردد ثلاثية الأطوار 380V/50HZ احسب

- تيار الخط وتيار الوجه
- القدرة الفعالة والمفاعلة

الحل :

$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$$

$$= \sqrt{3^2 + 4^2} = 5\ \Omega$$

$$U_{Ph} = \frac{UL}{\sqrt{3}}$$

$$= \frac{380}{1,73} = 220\ V$$

$$I_{Ph} = \frac{Uph}{Zph}$$

$$= \frac{220}{5} = 44\ A$$

$$I_L = I_{Ph} = 44\ A$$

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{3}{5} = 0,6$$

$$P = \sqrt{3} \times U_L \times I_L \times \cos\varphi$$

$$P = 1,73 \times 380 \times 44 \times 0,6 = 17355\ W$$

$$Q = \sqrt{3} \times U_L \times I_L \times \sin\varphi$$
$$= 1,73 \times 380 \times 44 \times 0,8 = 23140 \text{ VAR}$$

مثال (٨) :

مؤسسة صغيرة تغذي من شبكة تيار ثلاثي الأطوار 380V/220V وتسحب قدرة فعالة 80KW عند معامل $\cos\varphi_1 = 0,6$ قدره يراد تحسينه بواسطة مجموعة من المكثفات إلى $\cos\varphi_2 = 0,9$ احسب

١ - القدرات الفاعلة والظاهرية قبل المفاعلة وبعدها.

٢ - سعة المكثفات اللازمة.

الحل :

$$\cos\varphi = 0,6 \Rightarrow \tan\varphi = 1,33$$
$$Q_1 = P \times \tan\varphi_1$$
$$= 80 \times 1,33 = 106,6 \text{ KVAR}$$
$$S_1 = \frac{P}{Cos\,\varphi 1}$$
$$= \frac{80}{0,6} = 133,3 \text{ KVAR}$$
$$\cos\varphi = 0,9 \Rightarrow \tan\varphi = 0,48$$
$$Q_2 = P \times \tan\varphi_2$$
$$= 80 \times 0,48 = 38,7 \text{ KVAR}$$
$$S_2 = \frac{P}{Cos\,\varphi 2}$$
$$= \frac{80}{0,9} = 88,8 \text{ KVA}$$
$$Q_C = Q_1 - Q_2$$
$$= 106,6 - 38,7 = 67,9 \text{ KVA}$$
$$C = \frac{Qc}{2 \times \pi \times f \times U^2}$$
$$= \frac{67900}{2 \times 3,14 \times 50 \times (380)^2} = 1,497 \times 10^{-3} \text{ F} = 1497 \ \mu\text{F}$$

اختبر معلوماتك

١ - عرف التيار المتردد ثلاثي الأطوار .

٢ - وضح كيف يمكن الحصول على تيار متردد ثلاثي الأطوار .

٣ - وضح بالرسم كيف يكون التوصيل النجمي لثلاث لفائف .

٤ - أذكر العلاقات الرياضية في حالة التوصيل النجمي لكل من :

U_L - I_L

٥ - اذكر العلاقات الرياضية في حالة التوصيل المثلثي لكل من :

U_L - I_L

٦ - وضح بالرسم مخطط المتجهات للجهود في حال التوصيل النجمي .

٧ - وضح بالرسم مخطط المتجهات للتيارات في حال التوصيل المثلثي .

٨ - من العلاقة التالية: $P = 3 \times U_{Ph} \times I_{Ph} \times C_S\ \varphi$ أثبت العلاقة التالية:

$$P = \sqrt{3} \times U_L \times I_L \times C_S\ \varphi$$

في التوصيل النجمي والمثلثي.

٩ - وضح بالرسم كلاً من :

أ - قياس القدرة بواسطة واطميتر واحد .

ب - قياس القدرة بواسطة واطميترين .

ت - قياس القدرة بواسطة ثلاث واطميترات .

١٠ - احسب الجهود المناظرة بالجدول التالي:

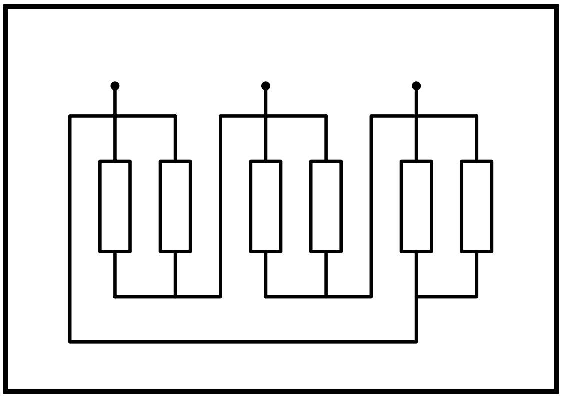
الجهد	أ	ب	ج	د	هـ
U_{Ph}	127 V	22 V	380 V		
U_L				380 V	220 V

١١ - ثلاث مقاومات فعالة كل منها 22 Ω وصلت على شكل دلتا على شبكة تيار متردد 220v / 50Hz احسب:

P , I_L , I_{Ph} , U_{Ph}

١٢ - وصلت ستة مقاومات كما بالشكل، قيمة كل مقاومة 50 Ω والجهد 500V , 50Hz

احسب : P , I_L



١٣ - يستهلك فرن تسخين ثلاثي الأطوار 50Hz , 380 V قدرة تساوي 3,1KW احسب مقاومة كل طور إذا فرض أن التوصيل أ - نجمي. ب - مثلثي.

١٤ - محرك تيار متردد ثلاثي الأوجه له المعطيات التالية:

$$\eta = 0,8 \quad - \quad 380V \quad - \quad 1,9KW \quad - \quad \cos\varphi = 0,77$$

عند توصيل مجموعة من المكثفات هبط التيار المسحوب إلى احسب:

أ - التيار المسحوب والقدرة المفاعلة قبل توصيل المكثف.

ب - القدرة المفاعلة ومعامل القدرة بعد توصيل المكثف.

ج - التغير في زاوية الطور.

م	المرجع	المؤلف
١.	Electrical Engineering Basic Technology	Devpriya san
٢.	أساسيات الكهرباء	دار السيف للترجمة ، مترجم المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
٣.	أساسيات الهندسة الكهربائية (الجزء الاول)	هايتز جراف
٤.	الإلكترونات في مجالات العمل	نوقولا شاهين د. يوسف دياب أحمد الخطيب
٥.	تكنولوجيا الكهرباء للمعاهد الثانوية الصناعية	روبرت ارنولد
٦.	التكنولوجيا المهنية للصف الثاني – كهرباء -	سعدالدين محمود شله عبدالله عبدالكريم الفضلي
٧.	الحساب الفني للصف الأول – كهرباء -	ابراهيم الجديد عبدالعزيز الدوسري
٨.	الحساب الفني للصف الثاني كهرباء	سعدالدين محمود شله
٩.	الحساب الفني للمعاهد الثانوية الصناعية	هيرمان وجان رولف ريرينك
١٠.	الذرات والإلكترونات	شركة إنماء النشر والتسويق - لبنان
١١.	الكهرباء المبادئ الأولية	زكوان محمد عدنان تنبكجي
١٢.	الكهرباء النظرية والعملية للدراسات الإلكترونية	فاروق سيد حسين
١٣.	مبادئ التيار المستمر	إبراهيم الجديد المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

	المحتويات	رقم الصفحة
الفصل الدراسي الأول	**الوحدة الأولى**	
	- المفاهيم الأساسية المغناطيسية.	٢
	- تعريف المجال المغناطيسي وخطوط المجال المغناطيسي .	٢
	- المجال المغناطيسي للتيار الكهربائي وطرق تحديد اتجاهه.	٦
	- المجال المغناطيسي لملف يمر به تيار كهربائي وطريقة تحديد المجال الناشئ.	١٠
	- الكميات المغناطيسية.	١٢
	- مسائل حسابية عن الكهرومغناطيسية.	١٧
	- اختبر معلوماتك.	٢٧
	الوحدة الثانية	
	- قانون فارادي	٣٠
	- قانون لينز	٣٤
	- تعريف التيار المتردد	٣٥
	- توليد التيار المتردد	٣٥
	- الكميات الأساسية للجهد المتردد	٣٧
	- تمثيل الكميات المترددة بالمتجهات	٤٠
	- أمثلة ومسائل.	٤٣
	الوحدة الثالثة	
	- سلوك التيار والجهد والقدرة في دائرة تحتوي على مقاومة مادية فقط.	٥١
	- سلوك التيار والجهد والقدرة في دائرة تحتوي على ملف (ممانعة حثية).	٥٣
	- سلوك التيار والجهد والقدرة في دائرة تحتوي على مكثف (ممانعة سعوية).	٥٩
	- أمثلة ومسائل.	٦٧

	المحتويات	رقم الصفحة
الفصل الدراسي الثاني	**الوحدة الرابعة**	
	- سلوك التيار والجهد والقدرة في دائرة توالي تحتوي على مقاومة مادية وملف فقط.	٧٥
	- سلوك التيار والجهد والقدرة في دائرة توالي تحتوي على مقاومة مادية مكثف فقط.	٧٦
	- سلوك التيار والجهد والقدرة في دائرة توالي تحتوي على مقاومة مادية وملف ومكثف فقط.	٧٧
	- رنين التوالي.	٧٩
	- أمثلة ومسائل.	٨٠
	- اختبر معلوماتك.	٨٨
	- سلوك التيار والجهد والقدرة في دائرة توازي تحتوي على مقاومة مادية وملف فقط.	٨٩
	- سلوك التيار والجهد والقدرة في دائرة توازي تحتوي على مقاومة مادية مكثف فقط.	٩٠
	- سلوك التيار والجهد والقدرة في دائرة توازي تحتوي على مقاومة مادية وملف ومكثف فقط.	٩١
	- رنين التوازي.	٩٣
	- أمثلة ومسائل.	٩٦
	- اختبر معلوماتك.	٩٨
	- مقارنة بين دوائر التوالي وبين دوائر التوازي.	١٠٧
	- معادلة التيار المفاعل.	١٠٨
	- طرق معادلة التيار المفاعل.	١١٠
	- أمثلة ومسائل.	١١١
	- اختبر معلوماتك.	١١٥

الفصل الدراسي الثاني

المحتويات	رقم الصفحة
الوحدة الخامسة	
- التيار المتردد ثلاثي الأوجه.	١١٧
- التوصيل النجمي.	١١٨
- التوصيل المثلثي.	١٢٢
- قدرة التيار المتردد ثلاثي الأطوار	١٢٥
- قياس الجهد والتيار في دوائر التيار ثلاثية الأطوار.	١٢٧
- قياس القدرة الفعالة.	١٢٨
- أمثلة ومسائل.	١٣١
- اختبر معلوماتك.	١٣٦
- المراجع	١٣٨
المحتويات	

تقدر المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني الدعم

المالي المقدم من شركة بي آيه إي سيستمز (العمليات) المحدودة

GOTEVOT appreciates the financial support provided by BAE SYSTEMS

BAE SYSTEMS